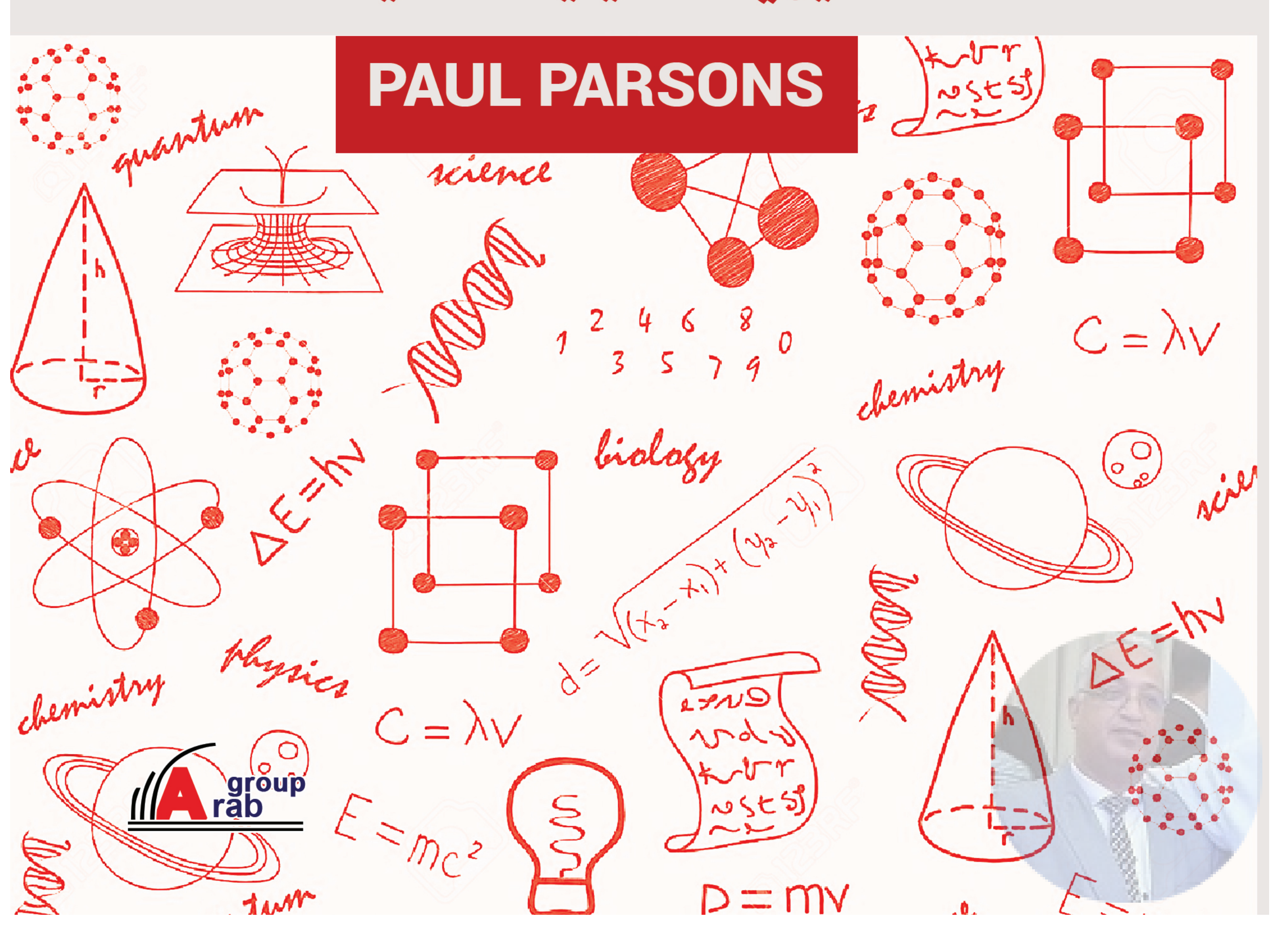
SCIENCE 1001

فكرة عن العلوم

الفيزياء -الكيمياء -الاحياء

PAUL PARSONS



1001 فكرة في العلوم

الفيزياء / الكيمياء / الاحياء



English Edition Copyrights

حقوق الطبعة الإنجليزية

Quercus
Carmelite House
50 Victoria Embankment, London EC4Y 0DZ
First published in 2010

حقوق الطبعة العربية

عنوان الكتاب: **1001 فكرة في العلوم**
الفيزياء / الكيمياء / الاحياء

تأليف: **Paul Parsons**

ترجمة: هناء محمد محمد

مراجعة: فايز ميلاد

الطبعة الأولى

سنة النشر: 2018

الناشر: المجموعة العربية للتدريب والنشر
8 أ شارع أحمد فخري ـ مدينة نصر ـ
القاهرة ـ مصر



تليفون: (00202) 23490242
فاكس: (00202) 23490419
الموقع الإلكتروني www. arabgroup.net.eg
E-mail: info@arabgroup.net.eg
E-mail: elarabgroup@yahoo.com

بارسونس، بول
1001 فكرة في العلوم: الفيزياء / الكيمياء / الاحياء
تأليف: بول بارسونس؛ ترجمة: هناء محمد محمد، مراجعة : فايز ميلاد ـ
القاهرة: المجموعة العربية للتدريب والنشر، 2018 ـ ط1
230 ص: 24x17 سم.
الترقيم الدولي: 8- 110-722-977-978
1- العلوم 2- الفيزياء
3- الكيمياء 4- الأحياء ـ علم
أ ـ محمد، هناء محمد (مترجم)
ب ـ ميلاد، فايز (مراجع)
جـ العنـــوان
ديوي: 500
رقم الإيداع: 2018/22735

تنويه هام:

إن مادة هذا الكتاب والأفكار المطروحة به تعبر فقط عن رأي المؤلف ـ ولا تعبر بالضرورة عن رأي الناشر الذي لا يتحمل أي مسئولية قانونية فيما يخص محتوى الكتاب أو عدم وفائه باحتياجات القارئ أو أي نتائج مترتبة على قراءة أو استخدام هذا الكتاب.



"تمت ترجمة هذا الكتاب بمساعدة صندوق منحة معرض الشارقة الدولي للكتاب للترجمة والحقوق"



1001 فكرة في العلـوم

الفيزياء / الكيمياء / الاحياء

تأليف
Paul Parsons

ترجمة
هناء محمد محمد

مراجعة
فايز ميــلاد
خبير مناهج العلوم بمركز تطوير المناهج

الناشر
المجموعة العربية للتدريب والنشر



2018





المحتويات



مقدمة

يطرح العلم أسئلة جوهرية بشأن ماهية العالم، لماذا يوجد على ما هو عليه، وقد قدمت أعظم العقول العلمية في العالم الكثير من الإجابات على مدار التاريخ. ونتيجة للعلم الذي نعرفه الآن، فقد بدأ الكون قبل نحو 13.7 مليار سنة في حيث كرة من اللهب فائقة الحرارة المعروفة باسم الانفجار الكبير. ونتيجة للعلم الذي نعرفه، فإن جميع الكائنات الحية في العالم لها رمز للمخطط البيولوجي الخاص بها على جزيء كيميائي يعرف باسم الحمض النووي الريبي المنزوع الأوكسچين (RNA)، والذي يعد بمثابة الوسيلة التي نمرر من خلالها الصفات والخصائص الخاصة بنا وصولاً إلى نسلنا. ونتيجة للعلم الذي نعرفه أيضًا أيضًا فإن الزواحف كبيرة الحجم كانت تحكم كوكبنا فيما مضي، وفي يوم واحد منذ 65 مليون سنة تمت إبادتهم بسبب تأثير المذنب الضخم أو الكويكب مع الأرض. وكذلك بسبب العلم فإن لدينا في منازلنا أجهزة الحاسوب والتي هي أقوى من أسرع الحواسيب فائقة القدرة التي كانت موجودة منذ عشر سنوات فقط.

ويشمل العلم ربما أكبر مجالات النشاط الفكري الإنساني، لكن عندما يتعلق الأمر بتقسيم التقدم العلمي المُحرز خلال الخمسة آلاف عام الماضية إلى 1001 قطعة في حجم القضمة الواحدة، يظهر العلم وكأنه ضئيلٌ جدًا وفي حالةٍ يُرثى لها، وكأن العلم أصبح يتقدم مرة واحدة كل خمس سنوات، ولكن في حجم فصلٍ واحد من هذا الكتاب، دعونا نقول أن هذه هي ضريبة العصور المظلمة الخالية من الاكتشافات العلمية، ولكن في وسط هذا الظلام الدامس تأتي شُعلة من النور والأمل؛ كما حدث عام 1996 عندما أصبح لدينا النعجة دوللي، وهي أول حيوان ثدي مُستنسخ في العالم آنذاك، ومع إدعاء وجود حياة على كوكب المريخ عندما عثروا على حشرة البق مُتحفرة داخل نيزك، وأيضًا عندما هزم حاسوب «ديب بلو - Deep blue» بطل العالم في الشطرنج آنذاك غاري كاسباروف (Garry Kasparov)

في الواقع، إذا تم ترتيب هذا الكتاب زمنيا، فمن المحتمل أني قد أرجعـه إلى منتـصف عـصر النهـضة. بدلا من ذلك ستجد الصفحات بداخلة منظمة حسب الموضوع. لقد اتخذت العلم الحديث كما نفهمـه في الوقت الراهن وقسمته إلى عشرة أقسام رئيسة: الفيزياء, الكيميـاء, علـم الأحيـاء, الأرض, الفـضاء, الـصحة والطب, العلوم الاجتماعية, المعرفة والمعلومات والحوسبة, العلم التطبيقي, والمستقبل. ثم تم تقـسيم كـل من هذه الفئات مرة أخرى إلى أقسام فرعية على منـاطق الموضـوع الرئيـسة، وداخـل كـل منهـا سـتجد في المتوسط حوالي اثني عشر مقالا لتغطية هذا الموضـوع بالـذات. لـذلك، فـإن للفيزيـاء أقـسامًا فرعيـة عـن الحرارة، والنسبية ونظرية الكم، وذلك على سبيل المثال لا الحصر. وعـلى سـبيل المثـال، ففـي نظريـة الكـم هناك مقالات على الأفكار مثل هرة شرويد ينجر، ومبدأ عدم اليقين، وتفسير العديد من العوالم.

وقد كان هدفي كمؤلف هو الجمع بين اتساع كتاب مرجعي - على سـبيل المثـال، الموسـوعة العلميـة - وإمكانية الوصول والشعور بالمتعة التي تحصل عليها من قطعة من الكتابة العلمية الشهيرة. وكان هذا هو المبدأ الموجه لي في تحويل ما كان من السهل أن يكون "العلوم 1001" إلى ما لديك هنا. ولقد قمت بإخراج كل ما هو مبهم وغامض من الموضوعات التي لا يحتاجها القـارئ العـادي ولا يهـتم بهـا. وقمـت بتلخـيص وإيجاز وتوضيح ما تبقى للوصول إلى ما أتمني أن يكون في التوازن النهائي بين المقروئية والشمولية.

تتم كتابة المقالات باللغة الإنجليزية الواضحة والموجزة. وغالبا ما تكون مكتفية ذاتيا، ولكـن عنـدما لا تكون كذلك فإنه يوجد إشارات إلى مقالات أخرى التي أما تكون مساعدة على الفهم أو تقدم مزيد مـن المعلومات. إذا لم تكن متأكدا من القسم الفرعي للمقال الذي تبحث عنه، فإن هناك فهرسًا شاملاً لإرشادك مباشرة إليه، وفي الوقت نفسه, فإن الأقسام الفرعية نفسها مكتوبة بأكبر قدر ممكن من الاسـتمرارية، لـذلك إذا كنت بعد استعراض شامل لنظرية الكم، سيعمل هذا القسم الفرعي للفيزياء كمقالة يمكن قراءتهـا مـن البداية إلى النهاية.

العلوم 1001 هو كتاب كبير حول موضوع أكبر. أتمني لك الاستمتاع به.

پول پارسونز (Paul Parsons)

باث، إنجلترا، فبراير





علم الفيزياء

يعد علم الفيزياء العلم الأكثر أهمية بين جميع العلوم، حيث ينظم مسلك المادة والطاقة في المرحلة الأولية , من الكواركات والجسيمات غير الذرية الأصغر منها والتي تشكل الحياة اليومية حتى الأشكال الغريبة من الكتلة والطاقة التي عمت الكون بعد فترة وجيزة من إنشائه في الانفجار الكبير، والتي قد لا تزال كامنة في الفضاء اليوم.

تقليديا، تم تقسيم الفيزياء إلى تخصصات مثل الميكانيكا (علم حركة الأجسام المادية في ظل تطبيق القوى)، بالإضافة إلى الحرارة والضوء والصوت والكهرباء والمغناطيسية. ومع ذلك، فقد جلب القرن العشرون ثورة في فهمنا للقانون الفيزيائي مع اكتشاف نظرية الكم (تناول جوهرًا جديدًا لسلوك الأجسام الصغيرة)، والنسبية (تناول جوهري بنفس الدرجة

لسلوك الأجسام المتحركة بسرعة قريبة من سرعة الضوء). وقد أدى الجمع بين هذه التخصصات لنظرية مجال الكم "، التي أحدثت تحولا كبيرا في الطريقة التي ننظر بها إلى الجسيمات غير الذرية التي تتحرك بسرعة، والتي تحمل القوى الأساسية للطبيعة في الكون.

وتكشف نظرية مجال الكم الآن عن وحدة جديدة داعمة للفيزياء، حيث تكشف كل من قوى الطبيعة عن نفسها، لتكون مجرد جوانب مختلفة من نفس الكيان الأساسي. ويأمل العلماء أن هذا قد يؤدي قريبا إلى الكأس المقدسة للفيزياء: شاملة "نظرية كل شيء".



علم الميكانيكا

السرعة والتسارع:

يتم إعطاء معدل حركة الجسم عن طريق سرعته, حيث يتم تقسيم المسافة التي تحركها علي الزمن الذي استغرقه للقيام بذلك. وبناء على ذلك, يتم قياس السرعة بالمسافة المقطوعة لكل وحدة زمنية - على سبيل المثال, كيلومتر في الساعة (كم/س) أو متر في الثانية (م/ث).

التسارع هو معدل تغيير السرعة. يتم إعطاؤها من خلال قسمة التغير في السرعة على الفترة الزمنية. لذلك إذا كان العداء يأخذ خمس ثوان لينتقل من وضع الوقوف إلى الجري بسرعة 10م/ ث, فإن متوسط تسارعه هو 5م / ث والتي عادة ما تكون مكتوبة بالطريقة التالية 5م/ث^{2}.

القصور والزخم:

القصور هو مقاومة الجسم للتحرك، ويقاس عادة بواسطة كتلة الجسم. كلما كان للجسم كتلة قصور أكبر كان من الصعب تحريكه, وذلك هو السبب في سهولة دفع عربة التسوق بينما عليك أن تكافح من أجل دفع شاحنة. يتم إعطاء زخم الجسم عن طريق سرعته مضروبة في كتلته،وهو مقياس لقوة الدفع لدى الجسم المتحرك. وهذا هو السبب الذي يجعل الاصطدام بشاحنة يؤذي بدرجة أكبر من الاصطدام بعربة التسوق التي تتحرك بنفس السرعة.

ابتكر العالم الفيزيائي في القرن السابع عشر السير إسحاق نيوتن (Sir Isaac Newton) ثلاثة قوانين تحيط سلوك الأجسام المتحركة. يلخص "القانون الأول" القصور قائلا إنه في حالة غياب أي قوة خارجية، فإن الجسم يظل في حالة الاستراحة أو الاستمرار في حالته من الحركة في خط مستقيم بسرعة ثابتة.

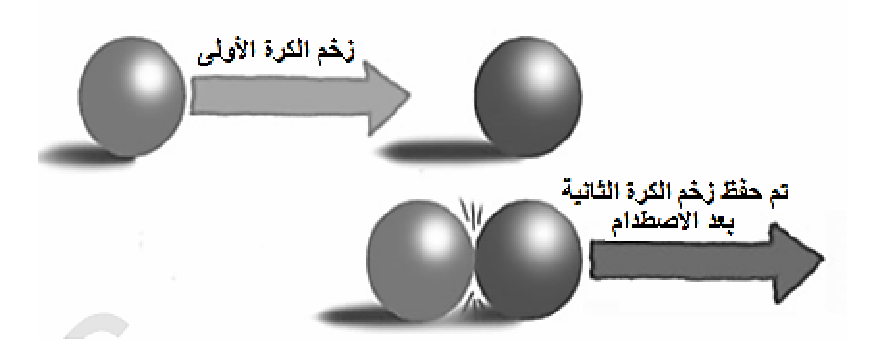
ماذا يعني نيوتن بـ "قوة خارجية" ؟ لقد أوضح ذلك في "القانون الثاني" وهو أن القوة الخارجية المؤثرة على الجسم تُعطى عن طريق كتلة الجسم مضروبة في التسارع الذي يقوم به. ضع الأرقام وسيمكنك أن ترى أنك تحتاج إلى تطبيق المزيد من القوة لتسريع شاحنة

عشر طن أكثر من القوة التي تحتاجها لتسريع عربة تسوق 15 كجم بنفس الكمية. ويمكن اعتبار القـوة كمعدل التغير في الزخم وتقاس في نيوتن (Newton)، بعد السير إسحاق Isaac (Sir).

يقول قانون "نيوتن الثالث" أن لكل فعل هناك رد فعل معاكس ومساو له (وهذا يكون في كل القوة) , (وبعبارة أخرى، قوة دفع إلى الوراء). ذلك هو السبب وراء طـيران الـصواريخ - أن عـادم الـصاروخ هـو انبثاق من الغاز الساخن الذي يـضطر للهبـوط إلى أسـفل (الفعـل) وهـذا يرسـل الـصواريخ لأعـلي (رد فعل).

قوانين الحفظ:

تعد الكميات المحفوظة من الأفكار الرئيسة في الفيزياء، وهي الكميات التي لا يمكن أن تتغير مع تطور النظام الفيزيائي.



ومن الأمثلة الجيدة على ذلك كمية التحرك (الزخم). فيجب أن يكون الزخم الكلي قبل حـصول حـدث ما - مثلاً تصادم كرتي بلياردو- هو نفسه الزخم الكـلي بعـد الحـدث، وبمعرفـة قـوانين الحفـظ يـتمكن العلماء من توقع سلوك نظام ما.

لنعد إلى كرات البلياردو، لنفرض أن كرةً انطلقت وصـدمت الكـرة الأخـرى ثـم توقفـت، يعنـي (حفـظ الزخم) أن الكرة الثانية ستنطلق بنفس الـزخم الـذي كـان في الكـرة الأولى قبيـل التـصادم، وإذا كانـت الكرتان لهما نفس الكتلة، فإن الكرة الثانية ستنطلق بنفس سرعة الكرة الأولى.

الشغل والطاقة:

يعد كل من الشغل والطاقة بمثابة حجر الزاوية في العلوم. وبالنسبة للعلماء يتم تعريف الشغل على إنه القوة التي يتم تطبيقها على جسم ما مضروبةً في المسافة التي يتحركها الجسم بسبب القوة. ومن ناحية أخري يمكن النظر للطاقة التي يمتكلها نظام ما على أنها قدرته على أداء الشغل.

على سبيل المثال، محرك الشاحنة قادر على تحرير الطاقة الكيميائية المخزونة في الوقود، واستخدامها لتطبيق شغل على الشاحنة وجعلها تتحرك.

ويقاس كل من الشغل والطاقة بوحدة الجول J (نسبةً إلى الفيزيائي چيمس چول James Joule الذي عاش في القرن التاسع عشر)، وبلغة أسهل: الجول الواحد كافٍ لرفع 100 جم من المادة مسافة متر واحد فوق سطح الأرض.

وكما هو الحال في كمية التحرك (الزخم)، تخضع الطاقة لقانون الحفظ، فهي لا تفنى ولا تستحدث، فمثلاً الشاحنة المتحركة لها طاقة حركية (الطاقة الناجمة عن حركتها)، هذه الطاقة الحركية جاءت من طاقة الوقود الكيميائية. وبالمثل فإن الشاحنة عندما تتوقف يكون السائق قد ضغطت على الكوابح التي تصبح ساخنةً بسبب تحول الطاقة الحركية للشاحنة إلى شكل آخر من الطاقة هو الطاقة الحرارية.

وتأتي الطاقة بعدة أشكال: منها الطاقة الصوتية، وطاقة الجاذبية، والطاقة الكهربائية، والطاقة المغناطيسية، والطاقة النووية.

الاحتكاك:

يعد الاحتكاك هو القوة المقاومة التي تبطئ من حركة الأجسام المادية، ومن الناحية المثالية تكون كل الطاقة الموجودة في نظام ما متوفرةً لبذل شغل مفيد، لكن الواقع بخلاف ذلك. فعندما ينزلق سطحان على بعضهما البعض فإن كلاً منهما يتأثر بقوة الاحتكاك، ذلك عندما تحتك النتوءات والكتل الميكروسكوبية (الدقيقةً) في كل منهما. ويوجد الاحتكاك في كل مكان، حتى في أفضل الاتجاهات أو مواد التشحيم والتزييت، وتوجد قوة احتكاك بين الأجزاء المتحركة في محرك السيارة، وفي حركة التروس، وفي محور العجلات، وغير ذلك.

فلابد من بذل طاقة للتغلب على هذه القوة.

وبالرغم من ذلك فليس الاحتكاك دائماً شيئا سيئاً؛ فهو المسؤول عن تماسك إطارات السيارة على الطريق، وهو المسؤول عن إمساكك الأشياء بقبضة يدك، إذا لم يكن الاحتكاك موجوداً فإن الأشياء سوف تنزلق من بين أصابعك، وهذا يفسر كيف أنك عندما تدلك يديك ببعضهما في يوم بارد فإنك تشعر بقدر لا بأس به من الدفء.

علم الديناميكا والكينماتيكا:

الكينماتيكا (أو علم الحركة المجردة) هي الرياضيات التي تصف الحركة، أي هي المعادلات التي تصف موقع الجسم، وسرعته، وتسارعه، في أي وقت، ومن دون ذكر القوى التي تسبب ذلك كله، أما عندما يتم ذكر القوى التي تسبب الحركة فإن هذا العلم يطلق عليه (الديناميكا، أو: علم الحركة). الديناميكا والكينماتيكا هما الفرعان الرئيسان لعلم الحركة الكلاسيكي (أو فيزياء الأجسام المتحركة).

مبدأ الفعل الأقل:

قد تكون أفضل صياغة للديناميكا مرتكزةً على المبدأ المعروف بـ (مبدأ الفعل الأقل)، فالفكرة الأساسية هي أن النظام الفيزيائي ينطلق عبر أكثر الطرق الممكنة فعاليةً، فالكرات لا تنطلق على التل، ولا تدور حول الحفرة، ولا تنطلق للقمة ثم تنزل للأسفل، بل تدور منطلقةً للأسفل مباشرةً.

الفيزيائي الذي يستخدم هذا المبدأ يضع في البداية تعبيراً رياضياً يأخذ في الاعتبار الأنواع المختلفة للطاقة في النظام، وهذه الصيغة (التعبير الرياضي) - التي يطلق عليها الفعل تعطي قيماً عدديةً مختلفةً باختلاف المسار الذي يسلكه النظام، ويمكن النظر إلى كل قيمة منها على أنها مقياس لمدى عدم فعالية ذلك المسار، ثم يختار الفيزيائي المسار الذي له أقل قيمة عددية للفعل، ثم يستخرج معادلات الحركة التي تصفه. ويستخدم مبدأ الفعل الأقل لجعل الديناميكا طيعةً وسلسةً في نواحٍ معقدةٍ من الفيزياء النظرية مثل النسبية ونظرية الكم.

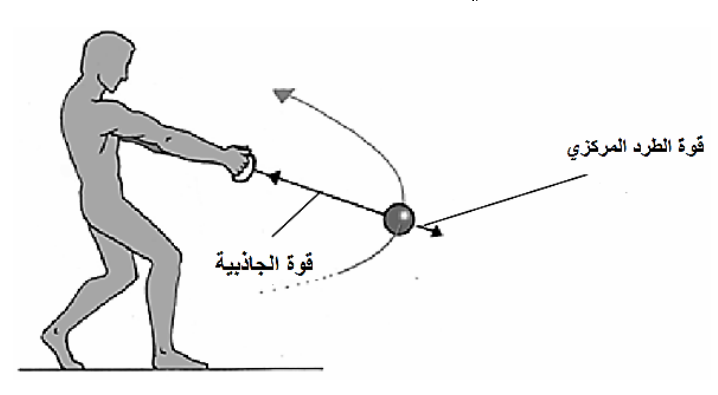
ديناميكا الحركة الدورانية:

كما هو الأمر بالنسبة للأجسام التي تتحرك في خط مستقيم، يوجد قوانين تحكم حركة الأجسام التي تدور، حيث تستبدل السرعة بالسرعة الزاوية (عدد الدرجات الزاوية التي يقطعها الجسم في الثانية)، ويستبدل الزخم بنظيره الدوراني الزخم الزاوي.

وكما هو الأمر في الزخم العادي، فإن الزخم الزاوي يزداد بازدياد السرعة الزاوية، ويخضع لقانون الحفظ، لكنه يزداد أيضاً بازدياد حجم الجسم الدوار، وهذا يعني إنه إذا انكمش الجسم الدوار فجأةً فإنه - لكي يبقى الزخم الزاوي محفوظاً- يجب أن يدور بشكل أسرع، ويقوم المتزلجون على الثلج بالاستفادة من هذا التأثير، حيث يقومون بضم أذرعهم وسيقانهم بشكل محكم لكي يدوروا أسرع، جرب هذا بنفسك على كرسي دوار.

قوة الجذب المركزي:

يذكر الناس عادةً قوة الطرد المركزي في حديثهم عن الأجسام الدوارة، ومع ذلك يفضل العلماء مصطلح (قوة الجذب المركزي). تخيل أنك تقوم بتدوير جسم مربوط بخيط فوق رأسك، قوة الطرد المركزي تحاول إطلاق الجسم ليطير في الهواء في خط مستقيم، أما قوة الجذب المركزي فتقوم بمنع الجسم من الطيران وتكون على خط مماس مسؤول عن جعله يسير في دائرة، هذا المماس في هذه الحالة هو الشد الذي في الخيط. وبإمكاننا القول أن قوة الطرد المركزي لا بد من وجودها كما يشعر بذلك أي شخص يكون راكباً ويسير على أرض معتدلة، لكن الأفضل أن نفكر فيها على أنها رد فعل- كما يقول قانون نيوتن الثالث- لقوة الجذب المركزي التي تعد أساسيةً أكثر منها.





الجاذبية النيوتونية:

في عام 1687 قام السير إسحاق نيوتن Isaac Newton بنشر أول نظرية رياضية للجاذبية.

ينص قانون الجذب العام لنيوتن على أن قوة الجذب بين جسمين تتناسب طردياً مع كتلتيهما، وعكسياً مع مربع المسافة بينهما، ويعبر عنها بالرمز G الذي يسمى (ثابت الجذب العام).

نظرية نيوتن كانت إنجازاً قيماً لعلوم القرن السابع عشر، فمعادلة واحدة تصف بدقة ظواهر تبدأ من سقوط التفاح وحتى حركة الكواكب والأقمار البعيدة عنا.

ولا يزال قانون نيوتن تقريباً ممتازاً اليوم للقياسات التي تحتوي على حقول جاذبية ضعيفة، أما الحقول الأقوى منها فيتم حسابها باستخدام نظرية آينشتاين Einstein النسبية العامة.

مبدأ التكافؤ:

في نظريات الجاذبية يقرر مبدأ التكافؤ أن الأجسام ذات الكتل المختلفة سوف تسقط بنفس المعدل في حقل الجاذبية. تبدأ القصة عندما أوضح ذلك أحد علماء القرن السابع عشر - وهو جاليليو Galileo- بإسقاط كرات ذات أوزان مختلفة من أعلى برج بيزا المائل. وقام رواد فضاء على سطح القمر بتجربة ذلك بأنفسهم عن طريق إسقاط ريشة ومطرقة، ووجدوا إنه عند غياب مقاومة الهواء، فإن كلاً من الريشة والمطرقة يسقط على سطح القمر في الوقت نفسه. وقد أكدت التجارب المعملية المضبوطة مبدأ التكافؤ بدقة تصل إلى جزء واحد من التريليون.

وتتفق الجاذبية النيوتونية مع مبدأ التكافؤ اتفاقاً سطحياً، أما النسبية العامة لآينشتاين فقد كانت أول نظرية جاذبية تقوم باحتواء المبدأ بالكامل.

قوانين كبلر:

عرف الفلكي والرياضي الألماني (جوهانز كپلر Johannes Kepler) باكتشافه قوانين تحكم حركة الكواكب في المجموعة الشمسية. وفي عام 1605 قدم كپلر قوانينه الثلاثة:

الأول: مدار كل كوكب هو عبارة عن قطع ناقص بيضاوي الشكل تقع الشمس في إحدى بؤره (القطع الناقص له بؤرتان مناظرتان لمركز الدائرة).

الثاني: الخط الواصل بين الكوكب والشمس - وهو خط وهمي- يغطي مساحات متساويةً في الأوقات المتساوية.

الثالث: يتناسب مربع مدة الدورة المدارية للكوكب تناسباً طردياً مع المحور الطويل لمداره الإهليلجي مرفوعاً إلى القوة الثالثة (الأس 3).

ومن المثير للدهشة أن كپلر قام باكتشافاته قبل صياغة نظرية الجاذبية النيوتونية (مع العلم بأن الجاذبية هي القوة المسؤولة في الحالتين)، وكان هذا بسبب الوقت الذي قضاه كپلر في العمل مع الفلكي الدنماركي تايكو براهي Tycho Brahe، وقد اشتهر براهي بملاحظاته الدقيقة لمواقع الكواكب والتي استفاد منها كپلر في صياغة معادلاته.

الحرارة

درجة الحرارة والضغط:

الديناميكا الحرارية هي الفرع من الفيزياء الذي يعنى بكيفية انتقال الطاقة ومعالجتها عبر الحرارة، واستخدامها لعمل شيء مفيد، ويعد من الخصائص الأساسية درجة الحرارة: حيث تنتقل الطاقة الحرارية من المنطقة ذات درجة الحرارة الأعلى إلى المنطقة ذات درجة الحرارة الأقل، وطبقاً لقانون إسحاق نيوتن المسمى قانون التبريد فإن معدل الانتقال يتناسب طردياً مع الفرق بين درجتي حرارة المنطقتين؛ لذا فإن كوباً من القهوة الساخنة يفقد حرارته بشكل أسرع من كوب القهوة الفاترة.

أما الضغط فهو متغير مهم آخر، عندما يتم تسخين غاز داخل وعاء فإن الغاز يمارس قوةً على جدران الوعاء، لكن القوة الكلية تعتمد على حجم الوعاء. الضغط ببساطة هو القوة الكلية مقسومةً على مساحة جدران الوعاء، ويقاس الضغط بوحدة نيوتن/م^2 المعروفة بوحدة باسكال، نسبةً إلى الرياضي الفرنسي (بليز باسكال Blaise Pascal) الذي عاش في القرن السابع عشر.

النظرية الحركية:

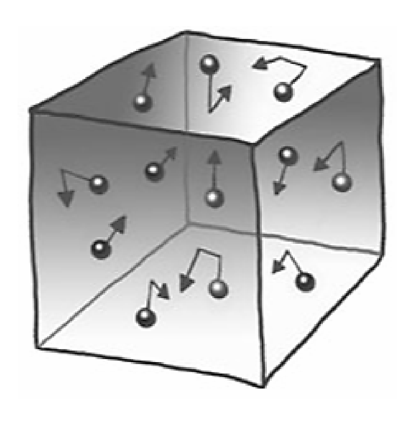
تعد النظرية الحركية طريقة لوصف الخصائص الحرارية للمواد - خصوصاً الغازات- على النطاق الواسع من ناحية حركة الجسيمات المكونة منها، خصوصاً الذرات أو الجزئيات.

تندفع الجسيمات داخل الغاز بشكل عشوائي حول بعضها البعض. وتقوم الفكرة الأساسية للنظرية الحركية على مساواة الطاقة الحرارية للغاز بمجموع الطاقات الحركية لكل هذه الجسيمات المتذبذبة، وهذا يعني إنه كلما ازدادت سخونة الغاز ازداد معدل سرعة حركة هذه الجسيمات، وازدادت قوة ارتطامها ببعضها، وبجدران الوعاء الذي يحتوي الغاز؛ وبالتالي زيادة درجة الحرارة والضغط. وقد تطابقت التوقعات الحسابية للنظرية الحركية مع التجارب العملية. وتقول النظرية الحركية أن هناك حداً أدنى من درجة الحرارة، حيث تصل الطاقة الحركية للجسيمات إلى الصفر، وهذه الدرجة هي 237° حيث لا يمكن لأي شيء أن يصبح أكثر برودةً من ذلك.

وقد تم وضع أساسات النظرية الحركية بواسطة الرياضي السويسري (دانييل برنولي Daniel Bernoulli) عام 1738، وتم تطويرها بعد ذلك في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، وكان العلماء آنذاك على بداية الطريق لاكتشاف النظرية الأقوى من هذه - نظرية الميكانيكا الإحصائية.

التمدد الحراري:

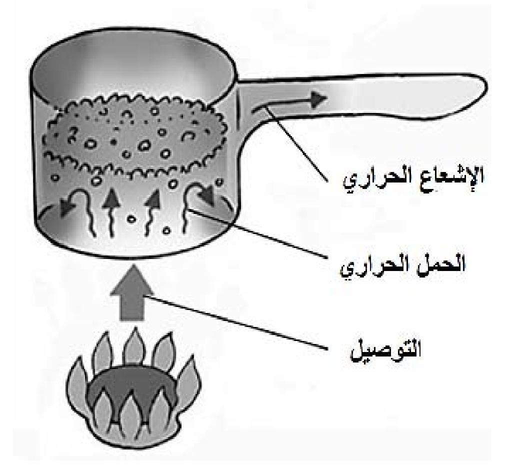
بشكل عام، تميل المواد عند تسخينها إلى أخذ حجم أكبر، وتعرف هذه الخاصية للمادة بالتمدد الحراري. وتفسر النظرية الحركية هذه خاصية التمدد الحراري: عندما يتم تسخين المادة، فإن التصادمات بين الجسيمات المكونة لها تصبح أقوى وأعنف منها لو كانت باردةً، ومع الارتدادات الكثيرة الحادثة بعد التصادمات يزداد متوسط المسافة بين الجسيمات؛ مما يؤدي إلى تمدد المادة.



ومن الممكن فهم التمدد وتوقعه بشكل أفضل رياضياً، وهذا مفيد بشكل خاص للمهندسين الذين

يعملون على تصميم تركيبات تحتاج للعمل في نطاق من درجات الحرارة. على سبيل المثال، الجسور تحتوي على وصلات توسعة منزلقة تجعلها تحتمل كلاً من برودة الشتاء وحرارة الصيف دون أن تنكسر أو تتجعد.

التوصيل والحمل:



تنتقل الطاقة الحرارية من الجسم الساخن إلى الجسم البارد بإحدى ثلاث طرق: التوصيل، والحمل، والإشعاع الحراري.

يحصل التوصيل عندما تصطدم جسيمات ساخنة (وبالتالي سريعة الحركة) في مادة مع جسيمات ذات درجة حرارة أقل منها، وينقل التصادم الطاقة الحركية للجسيمات الأبرد فتصبح ساخنة، مما يؤدي إلى انتشار الحرارة خلال المادة.

وعلى الطرف الآخر فإن الحمل يحدث فقط في الغاز أو السائل. في الغاز الساخن يقوم التمدد الحراري بالتقليل من كثافة الغاز وزيادة طفوه (حسب مبدأ أرشميدس)، وهذا يجعل الغاز يرتفع - وهذا هو السبب في طيران مناطيد الهواء الساخن - وفي الوقت نفسه ينزل الهواء البارد للأسفل (لنفس السبب لكن بالعكس)، وتستمر هكذا دورة الحمل التي قد تشاهدها في حلة من الماء أو في فرن.

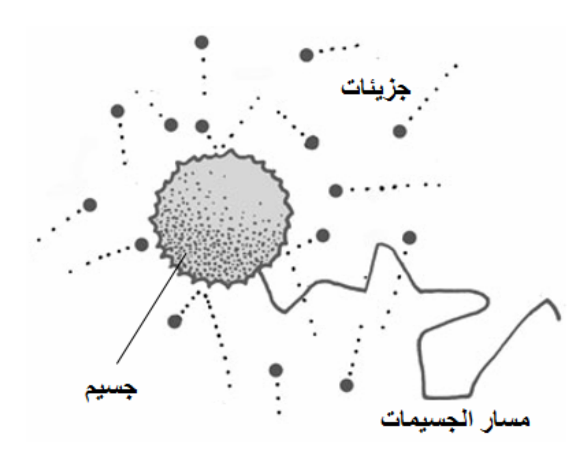
الحركة البراونية:

الجسيمات التي تنتشر في غاز أو سائل تخضع في حركتها لما يعرف بالحركة البراونية نسبة إلى مكتشفها عام 1827: الفيزيائي روبرت براون Robert Brown.

كانت ملاحظة براون الأصلية لمجموعة من الجسيمات الدقيقة الموجودة في فراغات تسمى تجويفات داخل حبوب اللقاح تحت المجهر، رأى براون هذه التجويفات تهتز كما لو أن قوةً

غير مرئية تقوم بصدمها، وبعد ذلك لاحظ التأثير نفسه عندما قام بتفحص حركة جسيمات الهباء (الغبار).

وفي عام 1905 قام ألبرت آينشتاين Albert Einstein بتفسير الحركة البراونية، حيث قال أن الحركة نتجت عن ضربات تلقتها حبوب اللقاح من الذرات والجزيئات التي في الهواء، والتي تتحرك حسب النظرية الحركية. وقام آينشتاين بحساب المسافة التي تتحركها الجسيمات بعد كل ضربة تتلقاها، وقد تطابقت توقعاته مع الملاحظة. وقد أصبح اكتشاف براون وتفسير آينشتاين معاً واحداً من التأكيدات المبكرة على وجود الذرات.



التوازن الثيرموديناميكي:

يكون النظام في حالة توازن ثيرموديناميكي عندما تكون خصائصه الثيرموديناميكية - كالحرارة- ثابتة مع الزمن، أي أنها توقفت عن التطور حرارياً. مثال بسيط على ذلك: دلو من الثلج موضوع في غرفة دافئة، عندما ينصهر الثلج يكون قد امتص حرارةً من الغرفة، فترتفع بذلك درجة حراراته وتنخفض درجة حرارة الغرفة حتى تقترب الدرجتان من درجة واحدة، هذا هو التوازن الثيرموديناميكي.

الإنتروبية:

الإنتروبية هي كمية تستخدم في قياس معدل الطاقة الموجودة في النظام والجاهزة لأداء شغل مفيد. ازدادت الإنتروبية كلما قلت قدرة النظام على أداء أي شغل، فأداء الشغل يلزمه أن يكون النظام خارج حالة التوازن الثيرموديناميكي، تخيل نظاماً من مصدر للحرارة ومكبس بداخله غاز بارد، تتدفق الحرارة من المصدر إلى المكبس مسببة تمدد الغاز وحركة ذراع المكبس مما يعني أداء شغل، ولكن إذا كان النظام في حالة توازن

ثيرموديناميكي فلن يتم أداء أي شغل. وهناك طريقة أخرى للتفكير في مفهوم الإنتروبية: وهي ربطه بدرجة الفوضى في النظام، فمثلاً المكتب المرتب الذي فيه كل شيء مكدس في أكوام أنيقة وجميلة يعد ذا إنتروبية قليل، أما المكتب الذي فيه كل شيء مبعثر بشكل فوضوي فيعد ذا إنتروبية مرتفع.

قوانين الديناميكا الحرارية:

كما أن الديناميكا والكينماتيكا تعطي قوانين رياضيةً تحكم أنظمة ميكانيكية، فإن هناك أربعة قوانين رئيسة تحكم سلوك النظام الثيرموديناميكي.

يقول القانون الصفري (وسمي بذلك لأنه تمت صياغته بعد القوانين الثلاثة الأخرى، لكنه أساسي أكثر منها): إذا كان لدينا ثلاثة أنظمة حرارية هي A,B,C، وكانت الأنظمة A,B في حالة توازن ثيرموديناميكي، وكذلك كانت B,C في حالة توازن ثيرموديناميكي، فإن النظامين A,C يعدان في حالة توازن ثيرموديناميكي.

أما القانون: الأول فهو تقرير لقانون حفظ الطاقة، حيث يقول أن التغير في الطاقة الثيرموديناميكية الكلية لنظام ما تساوي الطاقة الحرارية التي وضعت في النظام مطروحاً منها الشغل الذي يبذله النظام.

ويقول القانون الثاني: أن الإنتروبية دائماً تزداد، بعبارة أخرى: الأنظمة الثيرموديناميكية حتماً تتحرك باتجاه التوازن، وبالتالي تتضاءل مقدرتها على أداء شغل مفيد.

وينص القانون الثالث: على أن درجة حرارة الصفر المطلق (-273 حسب تحديد النظرية الحركية) تكون الإنتروبية عندها أقل ما يمكن، وبضم هذا القانون إلى القانون الثاني ينتج لدينا أن الإنتروبية تزداد بازدياد درجة الحرارة.

الميكانيكا الإحصائية:

تعد امتداداً للنظرية الحركية للغازات، حيث تتناول الميكانيكا الإحصائية خصائص جسيمات المادة بشكل فردي وتطبق عليها قوانين الإحصاء الرياضي المعقدة لتستخلص نتائج عن الخصائص الثيرموديناميكية الواسعة (الهائلة) للمواد.

بالنسبة للأنظمة ذات الجسيمات الكبيرة يتم تطبيق قانون الميكانيكا الإحصائية الخاصة بماكسويل وبولتيزمان، أما في الجسيمات الأصغر منها فينبغي استخدام فيزياء الكم، وتعرف هذه النظريات الإحصائية الكمية بأسماء: إحصائيات (بوز- آينشتاين Bose-Einstein) و(فيرمي- دايراك Fermi-Dirac) على التوالي، اعتماداً على الغزل الكمي للجسيمات قيد الدراسة. وقد ساعدت الميكانيكا الإحصائية الفيزيائيين على اكتشاف التركيب الداخلي للنجوم الميتة المعروفة باسم (الأقزام البيضاء)، كما تصف بشكل صحيح سلوك الإشعاع الحراري الذي تطلقه الأجسام الساخنة.

الإشعاع الحراري:

قف في أي مكان بالقرب من موقد مشتعل، ستدرك أن الأجسام الساخنة تبعث حرارتها على شكل إشعاع، وفي الواقع فإن أي شيء حرارته أعلى من الصفر المطلق يبعث إشعاعاً حرارياً. وتتوقع الحسابات التي تستخدم الميكانيكا الإحصائية مقدار الطاقة المنبعثة من جسم ساخن عند كل تردد على طيف الإشعاع الكهرومغناطيسي، وتتوقع النظرية أن هذا يأخذ منحنى ذا قمة يقل فيه الطول الموجي للقمة مع درجة حرارة الجسم الباعث.

عندما يتم تسخين جسم قضيب معدني في النار ليصل إلى مئات الدرجات السيلسيزيوسية فإنه يتوهج بضوء مرئي (عادةً ما يكون أحمر أو برتقالياً)، وكذلك تبعث كل الأجسام إشعاعاً له قمة تقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي؛ وهذا يفسر استخدام الجنود لمناظير الأشعة تحت الحمراء ليروا بها في الليل. ويكمن الفرق بين الإشعاع الحراري وكل من التوصيل والحمل في أن الإشعاع الحراري ينتقل عبر الفراغ؛ وهذا يفسر انتقال أشعة الشمس عبر الفراغ ووصولها إلى الأرض.

السعة الحرارية:

أضف حرارةً إلى أية مادة وسوف تصبح المادة أسخن، وبالأسلوب العلمي: سوف تزداد درجة حرارتها، لكن كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة الحرارة - بمقدار درجة واحدة مثلاً - تختلف من مادة لأخرى، وهذا - حسب النظرية الحركية- لأن درجة

الحرارة تعد من خصائص الطاقة الحركية **للذرات أو الجزيئات** في المادة، حيث تتجمع الذرات أو الجزيئات حول بعضها البعض، ولكن في الجزيئات المعقدة لا تتحول الطاقة الممتصة كلها إلى حركة، بعضها - على سبيل المثال- يتسبب في حدوث اهتزازات في الروابط الداخلية التي تكون الجزيء.

وتعد السعة الحرارية طريقةً لقياس كمية الطاقة الحرارية الممتصة التي تتحول إلى طاقة حركية في المادة مؤديةً إلى رفع درجة حرارتها (وتقاس بوحدة جول لكل درجة لكل كيلوجرام).

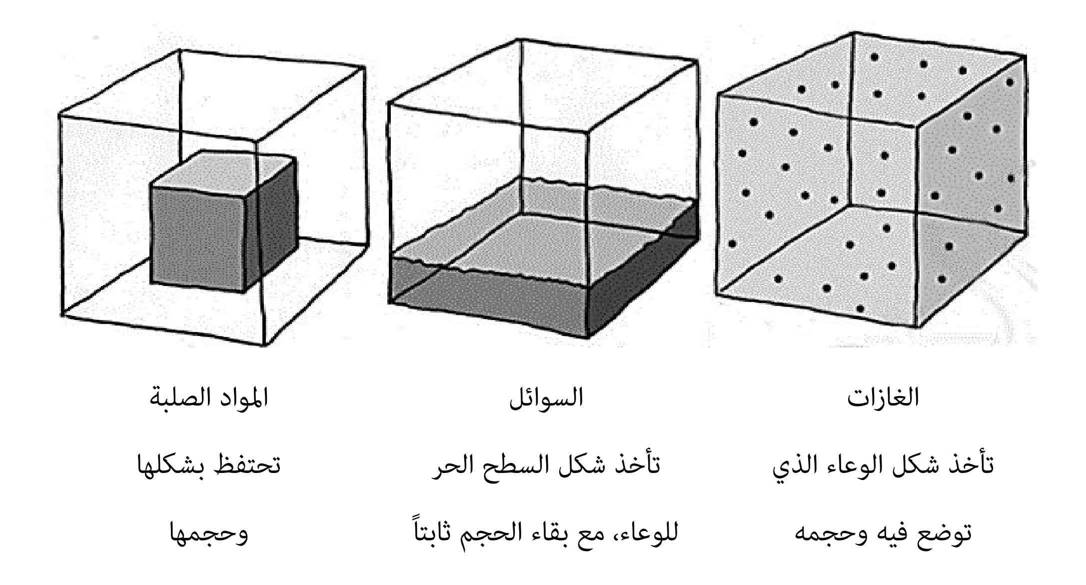
المــادة

المواد الصلبة، والسائلة، والغازية:

توجد المادة بحالات ثلاث رئيسة: الحالة الصلبة، والسائلة، والغازية، وتمر المادة بهذه الحالات - بهذا الترتيب - بازدياد درجة حرارتها، فالماء الذي درجة حرارته أقل من صفر سيليزيوسية هو صلب (ثلج)، فإذا كانت درجة حرارته بين الصفر والمائة كان سائلاً، أما إذا كان فوق المائة فهو غاز (بخار)، وهذا يحدث لأن درجة الحرارة - أو لنقل: الحركة الدؤوب لجسيمات المادة (حسب النظرية الحركية)- تكسر الروابط الموجودة بين الذرات والجزيئات والتي تجعل المادة صلبةً.

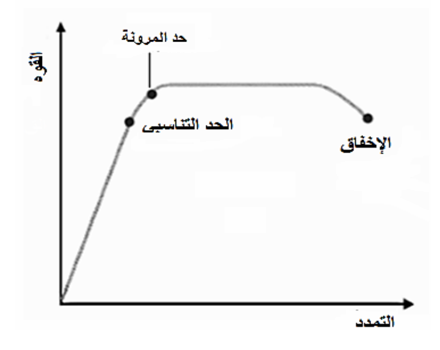
تعد الحالة الصلبة الأكثر انتظاماً من بين حالات المادة، فجزيئاتها الأساسية موجودة في شبكة منتظمة، وعلى النقيض منها الغازات، فالغازات ليس في ذراتها أو جزيئاتها انتظام، فالغاز يتمدد حتى يملأ الوعاء الموجود فيه، وتقبع السوائل بين المواد الصلبة والغازات؛ إذ أنها ليس فيها البناء الصلب الذي في المواد الصلبة، لكن القوى التي تربط بين الجسيمات فيها ما زالت قادرة على إمساك تكتلات من الذرات أو الجزيئات معاً والحفاظ على الترتيب إلى حد ما.





الكثافة:

تعرف الكثافة بأنها حاصل قسمة كتلة المادة على حجمها، وفي العادة تقاس الكثافة بوحدة (كيلوجرام/م^3) إلا أن هناك طرقاً أخرى لقياسها. هناك نظام يعرف بـ (الكثافة النوعية يقوم بمقارنة كثافة المادة بكثافة الماء والتي تساوي 1000 كجم/م^3، وتحسب الكثافة النوعية (SG) بقسمة كثافة المادة على كثافة الماء، فالسائل الذي كثافته 1055 كجم/م^3 كثافته النوعية تساوي SG1.055. ويقوم باستخدام وحدة SG منتجوا الخمور لمعرفة كمية السكر التي تحولت إلى كحول في السائل بعد تخمره، وكذلك يستخدمها الجيولوجيون لتحديد كثافة العينات، وتقاس الكثافة أيضاً بوحدة (كيلوجرام / لتر)، ولأن هناك 1000 لتر في المتر المكعب منه فإن كثافة الماء هي كيلوجرام واحد لكل لتر.



قانون هوك:

المرونة هي خاصية للمواد الصلبة تمكنها من التمدد عند التعرض لقوة خارجية ثم العودة إلى شكلها الأصلي عند زوال تلك القوة، وقد بين

الفيزيائي الإنجليزي (روبرت هوك Robert Hooke) عام 1678 أن الكمية التي تتمدد بها المادة المرنة تتناسب طردياً مع القوة التي يتم تطبيقها (وتساوي القوة مضروبةً في رقم ما)، هذا الرقم خاص بكل مادة على حدة، ويعتبر معيارًا لمدى مرونتها.

إلا أن قانون "هوك" يصلح فقط إلى نقطة معينة تعرف بـ (الحد التناسبي، إذا قمت بتمديد مادة ما وراء هذا الحد فإنها ستستمر في التمدد وبشكل أكبر لكل زيادة من القوة المطبقة، وستبقى مرنةً وتعود إلى شكلها الأصلي عند زوال القوة. وهذا يصلح حتى تصل إلى نقطة (حد المرونة)، عندها تتسبب أية قوة إضافية بعمل تشويه دائم، قم بتطبيق المزيد من القوة مرةً أخرى وستنهار المادة سريعاً.

الحرارة الكامنة:

عندما تتغير حالة المادة إلى حالة أقل تنظيماً بازدياد درجة حرارتها - على سبيل المثال عندما تنصهر المادة الصلبة لتصبح سائلةً- يكون عليها امتصاص طاقة إضافية من الوسط المحيط لتتغلب على القوى الجاذبة التي تبقيها في الحالة الأكثر برودةً والأكثر تنظيماً. هذه الطاقة تعرف بـالحرارة الكامنة، ولكي نحول الماء الذي درجة حرارته 95 c إلى بخار حرارته 100 c يجب أن نضيف كميةً كافيةً من الطاقة لرفع درجة حرارة الماء خمس درجات (حسب حرارته النوعية) بالإضافة إلى الحرارة الكامنة اللازمة لتحويل الماء الذي حرارته 100 c إلى بخار حرارته 100 c. ولكل مادة حرارتها الكامنة للتصعيد: الطاقة اللازمة لغلي الماء إلى غاز، والحرارة الكامنة للانصهار: الحرارة اللازمة لصهر الثلج إلى سائل، وتكون الأولى في العادة أعلى من الثانية.

انتقالات الحالة:

عملية تغير الخواص الفيزيائية للمادة تسمى انتقال الحالة. ومن الأمثلة عليها التغيرات بين المواد الصلبة والسائلة والغازية، وتحدث انتقالات الحالات عندما تقفز المادة من الحالة الصلبة إلى السائلة، أو من السائلة إلى الغازية، أو من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرةً في عملية تسمى (التسامي). وتصف العبارة (انتقالات الحالة) تحولات أخرى

للمادة مثل (كسر التناظر التلقائي) في بداية عمر الكون، وكذلك تدويل المعدن العادي إلى معدن ذي موصلية فائقة.

وتقسم انتقالات الحالة إلى نوعين: درجة أولى، ودرجة ثانية، انتقالات الدرجة الأولى تحدث عن طريق تكون فقاعات خاصة بالحالة الجديدة وتتمدد وتتصادم بقوة، وأي انتقال يتضمن حرارةً كامنةً يحصل بهذه الطريقة، بما فيه تبخر السوائل، وبإمكان أي شخص التأكد من ذلك بغلي حلة من الماء. أما انتقالات الدرجة الثانية فهي أكثر انسيابيةً حيث تتطور المادة تدريجياً من الحالة القديمة إلى الحالة الجديدة.

معادلة الحالة:

يقوم الفيزيائيون والكيميائيون بتمييز أي نوع من المادة عن طريق معادلة الحالة الخاصة بها، وهي صيغة رياضية تربط بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة، وتقوم معادلة حالة بسيطة بوصف ما يعرف بالغاز المثالي، وهو نموذج يصف كيف يعمل الغاز، يفترض هذا النموذج أن جسيمات الغاز ليس لها أي حجم ولا تطبق أية قوة على بعضها البعض. هذا النموذج مفيد في الحسابات الأولية، لكن في الغازات الحقيقية يلزم استخدام صيغ أكثر دقةً مثل معادلة (فإن دير فالز Van der Waals) التي تأخذ بعين الاعتبار حجم الجسيمات والقوى التي بينها. يستخدم الفيزيائيون الفلكيون معادلة الحالة لوضع نموذج رياضي لأي شيء من أجواء الكواكب إلى التركيب الداخلي للنجوم إلى سلوك الكون في مراحله المبكرة.

النقطة الثلاثية:

الضغط ودرجة الحرارة الذين تتواجد عندهما حالات المادة الثلاث -الصلبة، والسائلة، والغازية- معاً في توازن ثيرموديناميكي هي النقطة الثلاثية. بالنسبة للماء تحصل النقطة الثلاثية عند درجة حرارة 0.01 c وضغط 611.73 باسكال، أي ما يعادل 0.006 من الضغط الجوي القياسي على سطح الأرض، وتختلف هذه الأرقام في المواد الأخرى.

ومن غير الممكن للمادة تحت ضغط النقطة الثلاثية أن توجد في الحالة السائلة؛ فتسخين

السائل عند هذا الضغط يحوله مباشرةً إلى غاز في انتقال الحالة المعروف بالتسامي. وتستخدم النقاط الثلاثية في العلوم كنقاط قياسية لمعايرة موازين الحرارة (الثيرمومترات). وتساعد النقطة الثلاثية للماء على تحديد مقياس الحرارة الثيرموديناميكي الذي يستخدمه العلماء ويقاس بوحدة الكلفن (K) والصفر المطلق (Zero Kelvin = -273c).

فيزياء البلازما:

بالإضافة إلى المواد الصلبة والسوائل والغازات، توجد حالة رابعة للمادة تسمى البلازما، وهي عبارة عن غاز تم تسخينه لدرجة حرارة عالية جداً (تصل إلى آلاف الدرجات المئوية) لدرجة تمزق ذراته وجزيئاته، وتعرف هذه العملية بالتأيين وتنتج بحراً من الأنوية الذرية المشحونة بشحنات موجبة (تسمى أيونات) وجسيمات مشحونةً بشحنة سالبة تعرف بالإلكترونات.

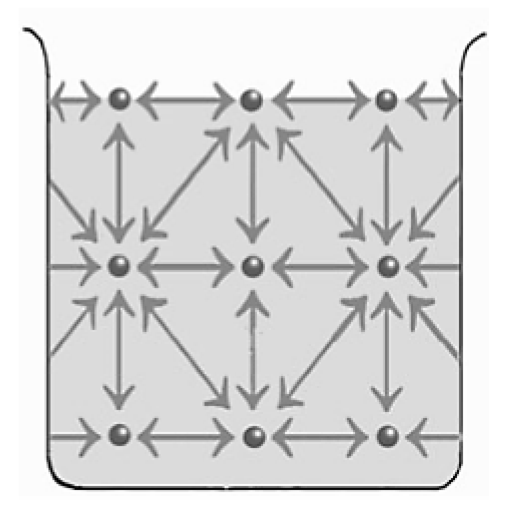
تلعب البلازما دوراً مهماً في تصميم مفاعلات الاندماج وفي فيزياء الفلك، حيث تبرز في النجوم والسدم في الفراغ بين النجوم، وتشكل الأساس لبعض المحركات التجريبية للمركبات الفضائية. لكن من الممكن أن توجد البلازما قريبةً من الأرض مثل تكونها بشكل سريع في ضربات البرق، وأن تُنتج بشكل صناعي في شاشات البلازما التلفازية لتسخين الفسفور وجعله يشع بالضوء. عند تبريد البلازما يحصل عكس عملية التأيين، عملية تعرف بإعادة التجميع، وكما إنه يلزم طاقة لتكسير الروابط بين الأنوية الذرية والإلكترونات فإن هذه الطاقة نفسها يتم إطلاقها عند إعادة تجميع هذه الأنوية والإلكترونات.

السوائل

التوتر السطحي:

تتصرف السوائل كما لو كانت مغطاةً بقشرة مرنة، وهذا التأثير يعرف بالتوتر السطحي للسوائل، وهو السبب في تشكلها على هيئة قُطيرات كروية، ويرجع السبب في وجود التوتر السطحي إلى قوى التجاذب بين جزيئات السائل. في داخل السائل في الأعماق

يكون الجزيء محاطاً بجزيئات أخرى ويتأثر بقوى تجاذب متساوية من كل الجهات، لذا تكون الجزيئات في حالة توازن، أما على السطح فإن الجزيئات تتعرض فقط لقوى التجاذب من أسفل، فتكون محصلة القوى المؤثرة للأسفل وتحاول ضغط السائل إلى أقل حجم ممكن هو القُطيرات الكروية.



ويكون التوتر السطحي للماء قوياً بما يكفي لحمل الأجسام الصغيرة التي تغرق بدونه، فالحشرات الصغيرة مثل الحشرات المعروفة بـ water boatmen تستفيد من هذا التأثير بالمشي على أسطح البرك والبحيرات.

الخاصية الشعرية:

الخاصية الشعرية من النتائج المباشرة للتوتر السطحي، وهي ما يجعل السائل الموجود في أنبوب ضيق يرتفع لأعلى. تقوم قوى الجذب التي بين جزيئات جدار الأنبوب بسحب سطح السائل في شكل منحنٍ يعرف بالسطح المحدب، هذا السطح المحدب يتكون في السطوح التي بين مائعين مختلفين في وعاء، وتكون حواف السطح المحدب باتجاه المائع الذي يتعرض لأقل تجاذب إلى جدران الوعاء، ففي حالة الماء والهواء في أنبوب زجاجي يكون الهواء أقل انجذاباً من الماء نحو الزجاج ولذا تكون حواف السطح المحدب باتجاهه، ثم يقوم التوتر السطحي بالسحب على حواف السطح المحدب لرفع الماء لأعلى الأنبوب.

ترتفع السوائل ذات الكثافة القليلة والتوتر السطحي العالي إلى أعلى الأنبوب الموضوعة فيه (ويزداد الارتفاع أيضاً كلما ازداد عرض الأنبوب ضيقًا)، وتظهر الخاصية الشعرية في الكثير من الظواهر في حياتنا مثل قدرة النباتات على امتصاص الماء من التربة، وامتصاص الورق الرقيق للماء.

مبدأ أرشميدس:

أي شيء يطفو - من الفلين إلى السفن- فإنه يطفو لأن معدل كثافته أقل من معدل كثافة الماء (أو السائل الذي يطفو على سطحه). ويطلق على هذا الفعل اسم الطفو، وعلى النظرية اسم مبدأ أرشميدس نسبةً إلى العالم اليوناني أرشميدس الذي عاش في سيراقوسة في القرن الثالث قبل الميلاد. يقول مبدأه أن الجسم الموضوع في الماء يتعرض لقوة تدفعه لأعلى بمقدار يساوي وزن الماء الذي أزاحه الجسم، وكلما كان الجسم أثقل انغمس في الماء أكثر مزيحاً مقداراً أكبر من الماء حتى تصبح قوة الدفع العلوي مساويةً لوزن الجسم وبالتالي تستطيع دفعه، وإذا لم يصل مقدار قوة الدفع إلى وزن الجسم فإن الجسم يغوص.

وبالرغم من أن السفن مصنوعة من الحديد الذي يعد أثقل من الماء فإن معدل كثافة السفن (الهيكل المعدني بالإضافة إلى الهواء بداخل السفينة) أقل بكثير من معدل كثافة الماء؛ مما يمكن السفينة من الطفو، وتستطيع الغواصات الغوص عن طريق أخذ كميات معينة من الماء للتحكم في مقدار طفوها.

اللزوجة:

قم بتحريك القهوة ثم قم بتحريك الدبس، في الفرق بينهما تكمن خاصية اللزوجة التي نستطيع فهمها على أنها مدى طراوة السائل، إلا أن العلماء يريدون تعريفاً أكثر ضبطاً ودقةً: تخيل أن عندك صفيحتين متوازيتين بعيدتين عن بعضهما بمسافة ثابتة وبينهما سائل، تقاس لزوجة هذا السائل بمدى القوة الممانعِة التي يبذلها على الصفيحتين المعدنيتين عندما نحاول جعل إحداهما تنزلق على الأخرى.

من هذه الناحية نستطيع اعتبار اللزوجة احتكاك سائل خفيفاً، وفي الواقع يعد هو السبب في قوى ديناميكا الموائع التي تعمل على إبطاء حركة السيارات والطائرات خلال الجو، والسفن عبر البحار، وتعتمد اللزوجة على درجة الحرارة حيث تقل لزوجة أغلب السائل - وتصبح هذه السوائل أكثر جرياناً- عندما تزداد درجة حرارتها، فالماء الذي درجة حرارته 10C تربو لزوجته على أربعة أضعاف لزوجة الماء الذي درجة حرارته 100C.

الموائع النيوتونية:

إذا كانت لزوجة السائل لها قيمة محددة ثابتة لا تتأثر بسرعة جريان السائل فإنه يسمى (مائع نيوتوني)، مثل الماء وجميع الغازات المعروفة والعديد من مواد التشحيم الصناعية كزيوت المحركات، لكن بعض الموائع بالطبع موائع غير نيوتونية، من أشهرها ما يعرف بالسوائل المتميعة بالرج التي عليك رجها بقوة قبل خروج أي منها من الزجاجة، ومن الأمثلة كذلك الطلاء الذي لا ينقط حيث تستطيع الطلاء منه بالفرشاة بسهولة ثم يصبح لزجاً مرةً أخرى بحيث لا يسيل.

وعلى الكفة الأخرى للميزان تقع الموائع غير النيوتونية التي تزداد لزوجتها مع السرعة مثل دقيق الذرة المخلوط بالماء، حركه ببطء وستجده غير لزج، لكن حركه بسرعة وستجده صلباً حتى يكاد أن يكون بصلابة الصخور.

ديناميكا الموائع:

تحكم الديناميكا والكيناماتيكا حركة الأجسام التي تتعرض لقوة ما، بينما تقوم الثيرموديناميكا بوصف أنظمة تبادل الحرارة، وبالمثل تقدم قوانين ديناميكا الموائع إطاراً رياضياً لفهم سلوك الموائع المتحركة، ويمكن تقسيم هذا المجال من الدراسة إلى الهيدروديناميكا التي تصف جريان السوائل، وديناميكا الهواء التي تصف جريان الغازات.

ويوجد العديد من التطبيقات الواقعية على ديناميكا الموائع في الهندسة، منها تصميم وسائل النقل وتوليد الطاقة الهيدروديناميكي، كما ويمكن عن طريقها فهم جوانب من العالم الطبيعي مثل أنظمة الطقس وحركة الطيور والأسماك.

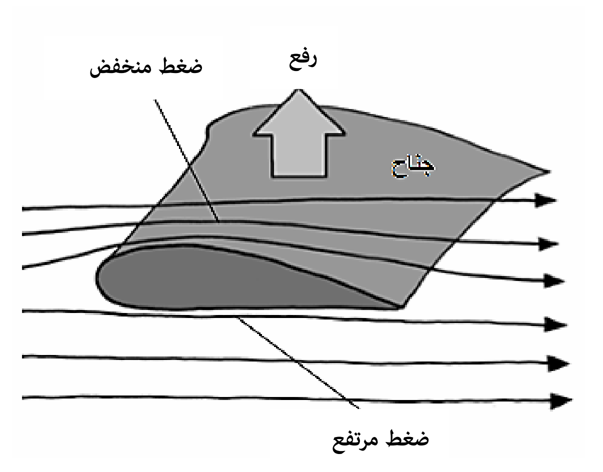
معادلات نافييه وستوكس:

معادلات ڤنابيه وستوكس (نسبةً إلى الفيزيائيين كلود لويس نافييه Claude-Louis Navier وجورج جابرييل ستوكس George Gabriel Stokes الذين عاشا في القرن التاسع عشر) هي مجموعة من المعادلات التي تصف جريان سائل لزج، وتنشأ من تطبيق قوانين نيوتن للحركة على السائل بالإضافة إلى قوانين حفظ الطاقة والزخم والكتلة، وهي معادلات

مشهورة بصعوبة حلها، وكنتيجة لذلك ينتج القليل جداً من المعادلات المضبوطة، وبدلاً من ذلك فإن أغلب العمل باستخدام المعادلات يتضمن حلولاً رقميةً تم الحصول عليها بواسطة الحوسبة العلمية.

مبدأ برنولي:

من التطبيقات الرئيسة على ديناميكا الهواء استخدامها في الملاحة الجوية، حيث توضح القوى التي تؤثر على الطائرة أثناء تحليقها، ومن أهم هذه القوى قوة الرفع، وهي القوة التي تؤثر على الجناح الأعلى وتنشأ بسبب مرور الهواء عليه، وهي تبقي الطائرة في الهواء، ويحدث الرفع بسبب ما يعرف بمبدأ برنولي الذي قام بصياغته أول مرة الرياضي السويسري دانييل برنولي Daniel Bernoulli.



يقول المبدأ أن الضغط في تيار الهواء السريع أقل من الضغط في تيار الهواء الأبطء منه، ويتم تصميم جناح الطائرة على شكل منحنٍ حتى يكون الهواء الذي يمر فوقه أسرع من الهواء الذي يمر من تحته، وهذا ينشئ فرقاً في الضغط بين الأعلى والأسفل، وكما أن الهواء ذا الضغط العالي داخل البالون يحاول الهرب إلى الهواء ذي الضغط الأقل خارجه، فإن الهواء ذا الضغط العالي أسفل الجناح يحاول الهرب لأعلاه حيث الضغط المنخفض، وهذه القوة تولد الرفع الذي يرفع الجناح لأعلى.

الإضطراب:

أغلبنا جرب الإضطراب في الطائرة، حيث تطير في هواء متقلب ومضطرب وتهتز بعنف، ويبرز الإضطراب في العديد من المجالات الأخرى في الهندسة، حيث يلعب تدفق الهواء

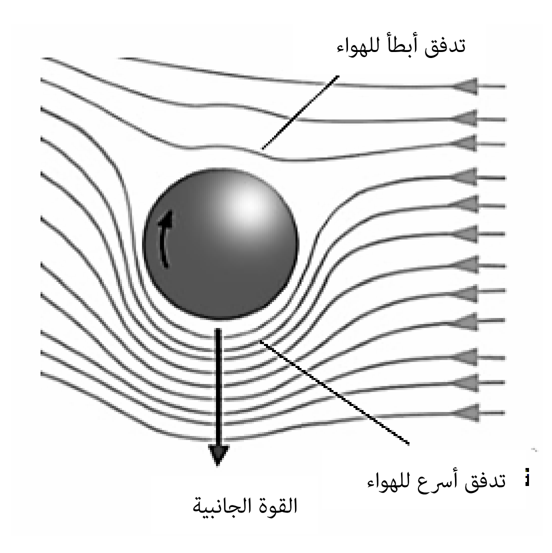
دوراً مهماً، ولكن ما زال سلوك المائع وجريانه من التدفق الناعم الرقيق إلى التدفق المضطرب غير المنتظم غير مفهوم بعد بشكل جيد.

ومن الممكن قياس احتمال أن يصبح التدفق مضطرباً، عن طريق ما يعرف بعدد رينولدز، وهو النسبة بين زخم المائع (كمية تحركه) ولزوجته، ويعد التدفق الذي له عدد رينولدز عالٍ عرضةً لأن يكون مضطرباً، فعلى سبيل المثال: في أنبوبة مستقيمة منتظمة تكون قيم رينولدز التي تتعدى 3000 دالةً على اضطراب الانتقال. ويعتقد علماء ديناميكا الموائع أن السر اللازم لفهم الإضطراب يكمن في حل معادلات نافييه وستوكس، لدرجة أن معهد (كلاي) للرياضيات في كامبريدج بماساشوشيتس عرض جائزةً قدرها مليون دولار لمن يحرز تقدماً ملحوظاً نحو تكوين نظرية عن الإضطراب من هذه المعادلات المعقدة.

تأثير ماجنوس:

محبوا كرة القدم وكرة القاعدة (البيسبول) يعلمون أن الرماة والراكلين الماهرين يستطيعون جعل الكرة تنعطف في الهواء عن طريق جعلها تدور، الفيزياء التي وراء هذا تسمى تأثير ماجنوس.

عندما يتحرك جسم في مائع فإن طبقةً من هذا المائع تلتصق بسطحه (وتعرف بالطبقة الحدودية). وعندما يكون السطح كرةً دوارةً فإن الطبقة الحدودية تنشئ دوامةً دائريةً حول الكرة وهي تتحرك في الهواء، وفي أحد جوانب الكرة يتحرك الهواء الذي في الدوامة في نفس اتجاه حركة الهواء الذي يمر بعيداً عنها، مما يجعل هواء الدوامة يسرع ذلك الهواء قليلاً، وعلى النقيض من ذلك في الجانب الآخر من الكرة حيث تعمل الدوامة على إبطاء حركة الهواء



الذي يمر بعدها، وطبقاً لمبدأ برنـولي Bernoulli فـإن الفـرق بـين سرعتـي جريـان الهـواء ينـشئ فرقـاً في الضغط، وهذا ينشئ قوةً تدفع الكرة باتجاه الجانب الذي فيه جريان الهواء أسرع.

في عام 1920م قام المهندس الألماني أنطون فليتنر Anton Flettnerبالاسـتفادة مـن تـأثير مـاجنوس في بنـاء سفينة تستخدم اسطوانات دوارة كأشرعة، وبعد ذلك طائرة تستغني عن الأجنحة التقليدية.

الموجة الصادمة:لكل مائع سرعة صوتية خاصة به (السرعة التـي تنتقـل بهـا موجـات الـصوت خلالـه)، وبشكل عام تزداد هذه السرعة بازدياد كثافة الوسط، وإذا تحرك جسم خلال مائع بأسرع مـن الـسرعة الصوتية لهذا المائع فإنه يصنع موجةً صادمةً، وهي طبقة رقيقة من المائع يحصل فيهـا ارتفـاع مفـاجئ في درجة الحرارة والكثافة والضغط.

ويترافق مع الموجة الصادمة ظاهرة تسمى الطنين الصوتي، وهـي دمدمـة تـشبه صـوت الرعـد تـسببها طائرة تتحرك في الهواء بـأسرع مـن الـصوت، وتحـصل عنـدما تتحـرك الموجـة الـصادمة للأمـام مكونـةً مخروطاً صادماً خلف الطائرة طوال فترة طيرانها، ويتم تحديـد زاويـة المخـروط عـن طريـق رقـم مـاخ (النسبة بين سرعة الطائرة إلى سرعة الـصوت في الهـواء)، وكلـما ازداد رقـم مـاخ كلـما أضـيق المخـروط الصادم ازداد الوقت اللازم لسماع الفرقعة الصوتية الناجمـة عـن ضـاق مـن عـلى سـطح الأرض، وتعـد أسرع طائرة نفاثة طارت حتى الآن طائرة لوكهيد مارتن س.ر.71 (Lockheed Martin SR71) التي طـارت بسرعة 3.3 ماخ. ويصنع دوي انفجارات القنابل وكـذلك الـصواعق أيـضاً أمواجـاً صـادمةً فـوق صـوتية، وكذلك فرقعة السوط، حيث تكون الفرقعة في الواقع عبارةً عـن طنـين صـوتي سـببه أن طـرف الـسوط اخترق حاجز الصوت.

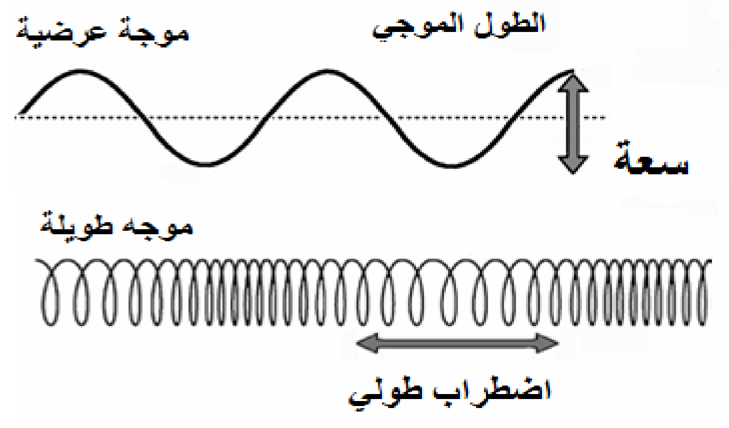
الأمواج

النظرية الموجية:

تتحـرك الأمـواج مـسببة الإضـطرابات في الوسـط. وتـأتي في نـوعين رئيـسيين. في "الموجـة العرضية" يكون الإضطراب في زوايا مستقيمة علي الحركة الموجية. وتعـد التموجـات عـلي

بركة ما موجات عرضية. وكذلك عند رمي صخرة في بركة فإن الأمواج التي تنطلق من نقطة التأثير هـي أمواج عرضية. أن الإضطراب هو مجرد ارتفاع كل موجة فوق سـطح المـاء.وعـلي الجانـب الأخـر تكـون الإضطرابات في "الموجة الطولية" موازية لاتجاه الحركة المـوج.وتنـدرج الموجـات الـصوتية ضـمن هـذه الفئة, كما تفعل موجات الضغط في الزمبرك. اسحب بضعة لفات من الـزمبرك المتمـدد ودعهـا تنطلـق- سوف يتحرك الإضطراب على طول الزمبرك في نفس اتجاه ضغط الزمبرك.

حدد علماء الفيزياء أربعة خصائص رئيسة للموجة: الأولى هي الطول الموجي وهو المسافة المادية مـن ذروة موجة إلى ذروة الموجة التالية. والثانية هي التردد (تردد الموجه)، وهـو عـدد الموجـات التـي تمـر عبر نقطة ثابتة في كل ثانية، وتقاس بعدد الدورات في الثانيـة أو بـالهرتز (هرتـز). الكميـة الثالثـة هـي السرعة - إلى أي مدى تتحرك الموجة كل ثانية, وتقاس فقط عـن طريـق ضرب الـتردد والطـول المـوجي معا. وأخيرا، "السعة" (سعة الموجة) وهي مجرد حجم الإضطراب الذي تحدثه الموجة حـين تمـر - عـلى سبيل المثال ارتفاع التموجات على مسطح ماء البركة.



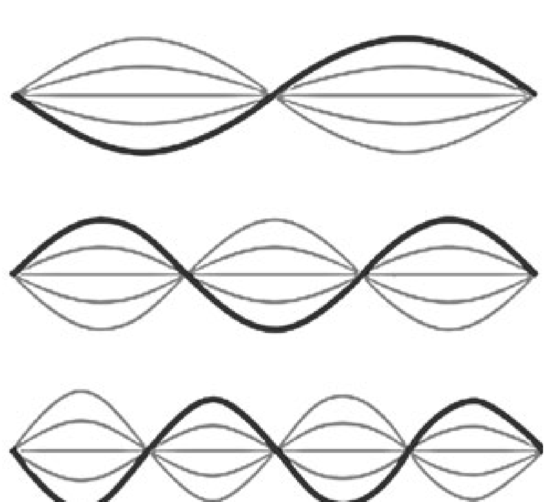
المـوجات الصوتية:

إضرب جسماً صلباً بمطرقة وسينتقل الإضطراب من خلالهـا كموجـة طوليـة، عـلى افـتراض وجود مرونة كافية في المادة لـكي تهتـز. إذا كـان تـردد الموجـة ينـدرج في نطـاق يمكـن أن نسمعه - وهو 20 لـ 20000 هرتز - فإن هذا يعد موجة صوتية. يـتم قيـاس شـدة الـصوت

على مقياس ديسيبل (ديسيبل)، وهو إنعكاس مباشر لسعة الموجة الصوتية. أن صوت سيارة تبعد عشرة أمتار يبلغ قياسه حوالي 30 ديسيبل،ويبلغ قياس مثقاب هوائي يبعد متراً واحداً 100 ديسيبل, وقياس عتبة الألم هو 130 ديسيبل وضجيج المحرك النفاث في 30 مترا من الساعات هو 150 ديسيبل والذي يسبب فرقعة الأذن.

ويمكن أن تقطع الموجة الصوتية مسافة كبيرة اعتمادا على كثافة الوسط الذي تتحرك خلاله. يمكن أن تسمع أغنية الحيتان على بعد آلاف الأميال , وهي الانتقال عن طريق المياه، التي تصل إلى حوالي أكثر 1000 ألف مرة كثافة من الهواء.

الموجات المستقرة:



تعد الموجات الطولية والعرضية على حد سواء أمثلة للموجات المتنقلة، والتي تحمل الطاقة من نقطة إلى أخرى. ولكن بعض الموجات قد استقرت في مكان ثابت وهي ما يطلق عليها الموجات المستقرة مثل تلك التي تكون في وتر الجيتار. انقر الوتر من المركز وسيهتز. وعلي الرغم من ثبات الطرفين إلا أن الوتر الذي بينهما يكون حرا ليهتز بشكل يشبه نصف الطول الموجي للموجة العرضية. انقر الوتر من ربع طول الطريق من الطرفين وستحدث طولا موجيا كاملا. ويشكل سدس طول الطريق وطول الوتر موجة من 1.5 طول موجي, وهكذا. وهناك عدد لا حصر له من هذه "المقامات" للموجات المستقرة على الوتر, كل يعطى عن طريق تحديد طول الوتر مساويا للعدد الكلي من نصف أطوال الأمواج. وهذا مثال للموجة المستقرة العرضية. وتوجد أيضا الموجات المستقرة الطولية ويمكن تشكيلها، على سبيل المثال، من خلال محاصرة الموجات الصوتية في أنبوب.

الرنين:

اضرب الجرس وسيكون الصوت الذي يحدثه علامة في "تردده الطبيعي". الآن أرفق مكبر صوت للجرس وزد تدريجياً في تردد الموجة الصوتية المنبعثة منه. سوف يهتز الجرس استجابة للصوت، وسوف تزيد سعة الاهتزازات زيادة مطردة، حيث تبلغ ذروتها عندما يطابق ترددها التردد الطبيعي للجرس - مثال الرنين: اهتزازات سعة الموجة الكبيرة الناجمة عن مدخلات سعة الموجة الصغيرة نسبيا.

إن الرنين أيضا هو السبب في أن السيارة ذات المحرك البطيء يمكن أن تهتز بعنف أحيانا، وتعاني من الاهتزازات أكبر بكثير مما تكون عليه عندما يكون المحرك أسرع - لأن التردد البطيء للمحرك- وهو عدد الثورات التي يحدثها في الثانية بينما تحدث صوت التكتكة - قريب إلى التردد الطبيعي لهيكل وجسم السيارة. ويحاول المهندسون أحيانا الحد من آثار الرنين باستخدام 'مخمدات "- الأجهزة التي تقلل من سعة الاهتزازات الرنانة. ينطبق هذا بشكل خاص في تصميم المباني العالية في المناطق المتضررة من الزلزال.

الحركة التوافقية البسيطة:

تخضع الفلينة (السداد الفليني) التي تتمايل صعودا ونزولا على سطح المحيط لما يسمى الحركة التوافقية البسيطة، كما رسم الوضع الأفقي الذي تم تخطيطه مع الوقت الشكل الموجي الكامل. من الناحية الفنية، ليست الحركة التوافقية البسيطة حركة موجة ولكنها ترتبط ارتباطا وثيقا وتظهر في العديد من فروع الفيزياء. في الميكانيكا، تشمل الأمثلة بندول الساعة يتأرجح جيئة وذهابا في إطار العمل من الجاذبية والكتلة مرتداً إلى نهاية الوتر.

تأثير دوپلر (**Doppler**):

لقد سمع معظم الناس صوت صفارات الإنذار لسيارة إسعاف تبدو محولة نغمتها من التردد العالي إلى التردد المنخفض مع مرور سيارة الإسعاف. هذا هو مظهر من مظاهر تأثير دوبلر، الذي تم شرحه باستخدام نظرية الموجة التي كتبها الفيزيائي النمساوي كريستيان دوبلر (Christian Doppler) في عام 1842.

أدرك دوبلر أن الصوت الذي ينبعث من مصدر ينتقل نحوك سوف يزداد تردده، أو بشكل مكافئ، ينخفض في الطول الموجي (لأن الطول الموجي يعطى فقط عن طريق سرعة الموجة مقسوما علي ترددها). الطول الموجي هو المسافة بين قمم موجة متتالية. لكن مصدرا متحركا لحق بكل قمة إلى حد ما قبل تصاعد القمة التالية، مما أدى إلى تقليل الطول الموجي بشكل فعال وزيادة التردد. ويحدث التأثير العكسي عندما يكون المصدر يتحرك بعيدا، مما يؤدي إلى انخفاض في التردد.

واختبرت موجات الضوء أيضا تأثير دوبلر. في الواقع، أن التحرك بسرعة كافية نحو إشارات المرور الحمراء سيحول لونها إلى طول موجي أقصر باللون الأخضر. ومع ذلك، كنت بحاجة إلى التحرك بحوالي 18 في المائة من سرعة الضوء للقيام بذلك! يتم استخدام تأثير دوبلر من قبل علماء الفلك لحساب الركود أو نهج سرعات النجوم. أيضا يستخدمه مشغلو الرادار للتخطيط لسرعة الطائرات.

الكهرباء والمغناطيسية

الشحنة الكهربائية:

إن الخاصية الأساسية للكهرباء هي الشحنة الكهربائية ويتم قياسها بوحدة الكولوم (C) بعد العالم الفيزيائي الفرنسي شارل أوغستين دي كولوم (Charles-Augustin de Coulomb). وتحمل العديد من الجسيمات غير الذرية شحنة كهربائية، وتظهر عادة في قطع منفصلة تساوي مضاعفات العدد الكلي للشحنة الموجودة على الإلكترون، الذي يرمزله ب (e) , والذي يأخذ بشكل علمي القيمة 1.6 × 10-19 كولوم.

تؤدي الشحنات الكهربائية إلى المجالات الكهربائية التي تمكن الشحنات من التفاعل مع بعضها البعض من مسافة بعيدة. وتسبب المجالات الكهربائية شحنات لا متماثلة وشحنات متماثلة , علي سبيل المثال: الشحنات اللامتماثلة (+ج) و(- ج) ينجذبان إلى بعضهما, والشحنات المتماثلة علي سبيل المثال اثنين من الإلكترونات لكل منهما شحنة (- ج) سوف يتنافران.ويعطي حجم التفاعل بين شحنتين عن طريق قانون كولوم والذي

يقول بأن القوة التي تمارسها تزيد مع حجم الشحنات وتقل مع مربع المسافة بينهما. ومثل الطاقة والزخم والكتلة، تخضع الشحنة لقانون المحافظة - إنه من المستحيل إنشاؤه أو تدميره.

التيار الكهربائي:

يعرف تدفق الشحنة الكهربائية باسم التيار الكهربائي، الذي يقاس بالأمبير. يوافق واحد أمبير معدل تدفق الشحنة التي تساوي واحد كولوم في الثانية الواحدة. وقد جعل التيار ليتدفق، على سبيل المثال خلال كابل، عن طريق توصيل السلك بمصدر "القوة الدافعة الكهربائية" (emf)، مثل البطارية؛ يتم قياس القوة الدافعة الكهربائية بالفولت، كما يشار إليه أحيانا باسم 'الجهد الكهربائي.

إن العلاقة بين الشحنة الكهربائية والقوة الدافعة الكهربائية هي بالأحرى مثل العلاقة بين الكتلة ومجال الجاذبية. عند رمي كتلة في حقل الجاذبية سوف تسقط ويتم قياس معدل سقوطها عن طريق سرعتها ويتم تحديدها من خلال قوة المجال. وبالمثل، عند تعرض شحنة كهربائية للقوة الدافعة الكهربائية سوف تتحرك ويتم قياس معدل حركتها من خلال التيار الكهربائي، والتي تحددها قوة القوة الدافعة الكهربائية.

المقاومة:

يتم تحديد شدة التيار الكهربائي الذي يتدفق من خلال قطعة من الأسلاك تتصل بالبطارية عن طريق «المقاومة» من السلك - وهي معارضة تدفق الشحنة. على وجه التحديد، يتم إعطاء شدة التيار الكهربائي عن طريق جهد البطارية مقسوما على المقاومة. يتم قياس المقاومة بالأوم ويختلف باختلاف المواد. فالموصلات الكهربائية الجيدة، مثل المعادن لها مقاومة منخفضة. يمكن أن يمر التيار من خلال موصل لأن هناك حاملات الشحنة التي يمكن أن تنجر من خلال جهد البطارية - الإلكترونات عادة ما تكون حرة- وللمعادن الكثير من الإلكترونات الحرة. من ناحية أخرى، تحتوي الموصلات الرديئة مثل البلاستيك على عدد قليل جدا من الإلكترونات الحرة، وبالتالي يكون عالية المقاومة.

ينبغي أن يبذل التيار الطاقة للتغلب على المقاومة الكهربائية. ويتم قياس هذا المعدل من فقدان الطاقة بالجول في الثانية الواحدة، أو بالوات، ويعطى عن طريق حاصل ضرب المقاومة والتيار التربيعي معا. ويفقد المصباح الكهربائي بفتيلة من التنغستين ذا 100 وات الطاقة بمعدل 100 جول / ثانية بسبب مقاومة التنجستين وتنبعث هذه الطاقة كضوء وحرارة.

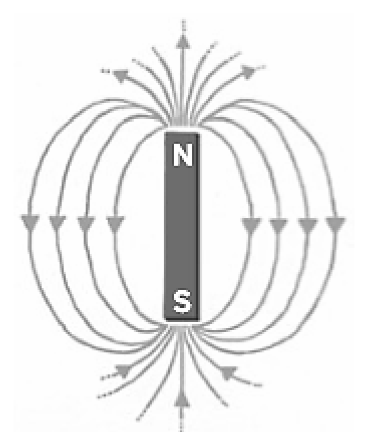
السعة الكهربائية:

إن المكثف هو جهاز قادر على تخزين الشحنة الكهربائية والذي عادة ما يكون مصنوعاً من لوحين موصلين للتيار تفصل بينها مادة عازلة تعرف بالعازل الكهربائي. ومن أمثلة العوازل الهواء، والميلر والسيراميك.

إذا تم شحن المكثف بالكامل، فإنه يمكن أن يتم تفريغه. إنه يقوم فعليا بعمل بطارية مصغرة. ويمكن أن تحمل المكثفات الكبيرة شحناً كافياً لإضاءة مصباح الشعلة لمدة دقيقة أو نحو ذلك؛ وتشمل التطبيقات الأخرى وحدات فلاش الكاميرا، حيث يتطلب نبضات تيار قوية من بطارية صغيرة. يتم قياس السعة الكهربية بالفاراد، نسبة للمهندس الكهربائي البريطاني العظيم مايكل فاراداي (Michael Faraday).

تشكل السحابات الرعادة والأرض نوعا من المكثف الطبيعي- مفصولة بطبقة عازلة من الهواء. في ظل ظروف معينة يمكن للتيار أن يلتوي عبر العازل الكهربائي، ويتم تفريغه بالفلاش والضجة الشديدة.

المغناطيسية:



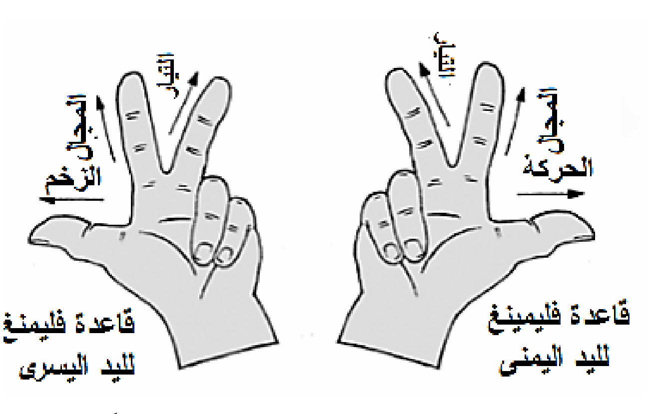
تقوم المغانط بتوليد مجال مغناطيسي حولها، وتكون مكونةً من قطبين شمالي وجنوبي يعمل المجال المغناطيسي بينهما، وتتجاذب الأقطاب المختلفة بينما تتنافر الأقطاب المتشابهة.

تجذب المجالات - أو الحقول- المغناطيسية المواد المعروفة

بالمواد المغناطيسية كالحديد والكوبالت، حيث الخصائص الذرية لهذه المـواد تجعلهـا أكـثر سـماحيةً لنفـاذ المجال المغناطيسي إليها، وفي الواقع فإن كل المواد التي تعمل مغانط دائمةً - مثـل المـواد التـي تلـصقها بثلاجتك- هي مواد مغناطيسية.

وتقاس المجالات المغناطيسية بوحدات تسمى تـسلا، ويـتم اكتـشافها عـن طريـق أجهـزة تعـرف بمقـاييس المغناطيسية، وللمغناطيسية تطبيقات مهمة في تخزين البيانات، والملاحة، والطب.

الحث:



أصـبح مـن الواضـح لـدى الفيزيـائيين في مطلـع القـرن التاسـع عـشر أن الكهربـاء والمغناطيـسية مرتبطتـان مـع بعـضهما بطريقـة مـا، حيـث أن تحريـك سـلك موصـل في مجـال مغناطيسي - أو بشكل مكافئ تعـريض سـلك ثابـت لمجـال مغناطيـسي متغـير- ينـتج تيـاراً في الـسلك، وبالمثل فإن تمرير تيار في سلك متحرك بواسطة بطارية ينشئ مجالاً مغناطيسياً، هذه التـأثيرات تعـرف بالحث، وقوانينها الفيزيائية قام باكتشافها مايكل فاراداي Michael Faraday والفيزيائي الأمريكي جوزيف هنري Joseph Henry. ويعد الحث أساس عمل مولدات الدينامو التي تقـوم بتحويـل الحركـة الدورانيـة (التي أنتجها محرك إحتراق داخلي) إلى كهرباء، وكذلك المحركات الكهربائيـة التـي تقـوم بتوليـد حركـة دورانية من تيار كهربائي.

وتعطى العلاقات بين المجال الكهربي والمجال المغناطيسي والحركة في كل حالة باستخدام قاعدة فليمينج لليد اليمنى وقاعدة فليمنج لليد اليسرى على التوالي (انظـر الـشكل)، وسـميت بـذلك نـسبةً إلى الفيزيـائي البريطاني جون أمبروز فليمنج John Ambrose Fleming.

الأرض وكواكب غيرها لديها مجالات مغناطيسية يظن أنها تنشأ بـسبب تـأثير الحركـة (تـأثير الـدينامو) للسوائل الموصلة التي تدور في مركزها.

التيار المتردد والتيار الثابت **AC/DC**:

يأخذ التيار الكهربائي أحد شكلين: التيار المتردد أو المتناوب (AC)، والتيار الثابت (DC). لا يتغير التيار الثابت بمرور الزمن، أما التيار المتناوب فهو - مثل اسمه- يتغير بمرور الزمن حسب نظرية الموجة وله ارتفاع وتردد محددان. جميع الأجهزة الكهربائية التي تعمل على البطاريات - كالمصابيح اليدوية، والأجهزة الخليوية، والأجهزة الكفية (كالآيباد)- تعمل على تيار ثابت، أما الكهرباء المنزلية فهي تيار متردد.

المحول:

المحولات هي أجهزة تقوم برفع كهرباء الجهد المنخفض إلى جهد مرتفع (محولات رافعة للجهد)، أو العكس (محولات خافضة)، وتعمل على مبدأ الحث الكهربائي، حيث يدخل جهد الدخل إلى سلك ملفوف حول قلب حديدي على شكل حلقة، ويقوم هذا الجهد الداخل بحث مجال مغناطيسي في القلب الحديدي، وهذا المجال يقوم بدوره جهد خرج في السلك الثاني الملفوف حول الجهة المقابلة من القلب الحديدي، وتقاس نسبة جهد الخرج إلى جهد الدخل بعدد اللفات المناظر للجهد على كل جهة من المحول.

تعمل المحولات فقط في الجهد المتناوب (AC) لأن الحث يتطلب مجالاً مغناطيسياً متغيراً، ولهذا السبب يقتصر استعمال الكهرباء المتناوبة تقريباً على الكهرباء المنزلية، فالكهرباء المنزلية تحتاج لنقلها عبر مسافات طولية من محطات التوليد إلى المستهلكين، ومن الموفر للتكلفة أن يتم عمل ذلك باستخدام جهد مرتفع وتيار منخفض؛ لأن ذلك يقلل من كمية الكهرباء المهدرة في مقاومة الأسلاك على شكل حرارة، ولذلك تحمل الخطوط العالية للطاقة (الكوابل التي فوق الرأس) جهوداً كهربائيةً تبلغ قيمتها مئات الآلاف من الفولت. ولكن تزويد المنازل بمثل هذه الكهرباء التي تحوي هذه الجهود يعد خطيراً، لذلك يتم توجيه الطاقة إلى محطات مجاورة حيث تقوم المحولات بتخفيضها إلى مئات الفولتات، وهذا مناسب للاستخدام المنزلي.

معادلات ماكسويل:

في مطلع القرن التاسع عشر كان من الواضح لدى العلماء أن الكهرباء والمغناطيسية ما هما إلا وجهان مختلفان لظاهرة واحدة، وقد قام الفيزيائي الأسكتلندي چيمس كليرك ماكسويل James Clerk Maxwell أخيراً بصياغة نظرية شاملة تشرحهما عام 1861 عندما قام بنشر نظريته التي تعرف بـ (الكهرومغناطيسية). وقد اختصرت إلى أربع معادلات رئيسة نستطيع استخلاص كل خصائص المغناطيسية والشحنة الكهربية منها، وقد تضمنت الروابط بينها.

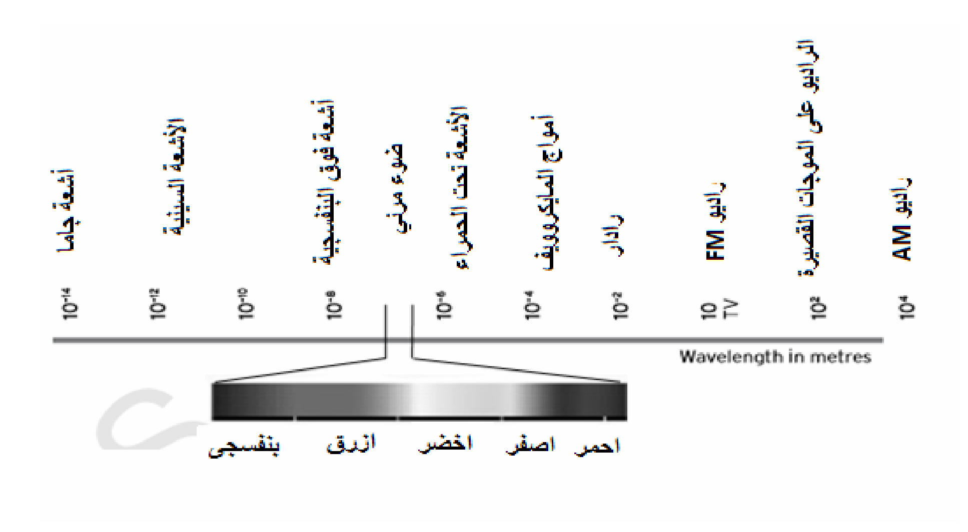
وقد قدمت معادلات ماكسويل في الكهرومغناطيسية أول مثال لنظرية الاتحاد، وهي إطار علمي واحد يضم القوى المختلفة في الطبيعة، وتوالت النظريات بعد ذلك مثل نظرية كالوزا وكلين Kaluza-Klein ونظرية الأوتار.

الإشعاع الكهرومغناطيسي:

تتوقع النظرية الكهرومغناطيسية - التي تحكمها معادلات ماكسويل- وجود موجات من الطاقة الكهرومغناطيسية تنتقل عبر الفضاء، ويتكون الإشعاع الكهرومغناطيسي من مجالات كهربائية ومغناطيسية تهتز - حسب نظرية الموجة- في زوايا قائمة بالنسبة لبعضها البعض وتتحرك عبر الفضاء بسرعة الضوء (300000 كيلومتر في الثانية). ويصنف الإشعاع عبر الطيف الكهرومغناطيسي بواسطة طول موجته. على الجانب طويل الموجات من الطيف - حيث تبلغ طول الموجات فيه عدة كيلومترات- تقبع موجات الراديو ذات الطول الموجي العالي، وتحتل هذه الموجات مساحةً واسعةً من الطيف، وعلى الجانب القصير توجد موجات تصل إلى سنتيمترات في الطول حيث نكون حينها دخلنا في منطقة الأمواج فائقة القصر (أمواج الميكروويف)، وفي مقياس الملليمترات تكون الطريق إلى الموجات تحت الحمراء.

ويبدأ الطيف المرئي (الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي نستطيع رؤيته بأعيننا) عند 0.75 ميكرون (0.75 جزء من ألف من الملليمتر)، وهذا هو الضوء الأحمر، ويستمر الطيف المرئي ليشمل الضوء البرتقالي، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والنيلي، والبنفسجي،

ليصل في النهاية إلى الموجات فوق البنفسجية عند حوالي 0.35 ميكرون، ويعتبر الضوء الأبيض (الذي نتعامل معه عادةً) مزيجاً من كل ألوان الطيف المرئي، وتستمر الموجات فوق البنفسجية لتصل إلى حوالي واحد من المليون من الملليمتر حيث توجد الأشعة السينية (أشعة إكس) المستخدمة في التصوير الطبي، وتختم أشعة غاما الطرف الجانب عالي الطاقة من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يبدأ عند الطول الموجي الذي يبلغ 10 أجزاء من المليون من الملليمتر تقريباً.



الفوتونات:

بعض المعادن تبعث إلكترونات عند سقوط الضوء عليها فيما يعرف بالتأثير الكهرضوئي ،حيث يتصرف الضوء كسيل من الجسيمات كما يتصرف كأمواج، وقد كانت هذه ملحوظة أساسية في تطوير نظرية الكم، وتسببت في الفوز بجائزة نوبل للعالم الشاب ألبرت آينشتاين Albert Einstein الذي كان أول من فسر كيف تعمل بالفعل.

وقد تمت ملاحظة التأثير الكهرضوئي لأول مرة في 1893، لكن لم يستطع أحد أن يفسر كيف تستطيع أمواج الضوء طرد الإلكترونات خارج المادة الصلبة، وكانت فكرة آينشتاين العبقرية أن يعتبر الضوء وابلاً من الجسيمات الصلبة تسمى فوتونات (هذه الفكرة كان أول من استخدمها الفيزيائي الألماني ماكس بلانك Max Planck لتطوير نظرية للإشعاع

الحراري)، هذه الفوتونات تتصادم مع الإلكترونات في المعدن ككرات البلياردو، لذلك عندما يأتي فوتون ذو طاقة كافية فإنه يطرد الإلكترون الذي يطرحه إلى خارج المعدن، ويتشابه التأثير الكهرضوئي مع التأثير الكهرضوئي الجهدي حيث تنتج الكهرباء عندما يشع الضوء على وصلة من أشباه الموصلات، وتستند على هذا التأثير - أي التأثير الكهرضوئي الجهدي- آلية عمل الألواح الشمسية الحديثة.

الهيدروديناميكية المغناطيسية:

تسبب ألماً شديداً لطلاب الفيزياء والرياضيات في أنحاء العالم، أنها الهيدروديناميكية المغناطيسية، ذلك الفرع المعقد جداً والذي يضم ديناميكا الموائع ومعادلات ماكسويل في الكهرومغناطيسية في محاولة لوصف سلوك الموائع الموصلة كهربائياً في وجود مجال مغناطيسي، وقد استخدم هذا الفرع في بناء المولدات حيث تمر الموائع المشحونة عبر مجال مغناطيسي كي تقوم بتوليد فرق جهد بنفس مبدأ عمل الدينامو، وهذا الفرع أيضاً يشكل الأساس لنظام دفع تجريبي في السفن والغواصات حيث يتم تمرير تيار في ماء البحر وفي مجال مغناطيسي ثم يتم تطبيقه ليجبر ماء البحر على العودة للوراء مثل النافورة. غير مقتنعين بتعقيد الهيدروديناميكية المغناطيسية، حاول بعض الفلكيين الذين يدرسون نظرية الانفجار العظيم دمجها بالنسبية العامة لآينشتاين لوصف الموائع الموصلة في الفضاء المنحني.

البصريات

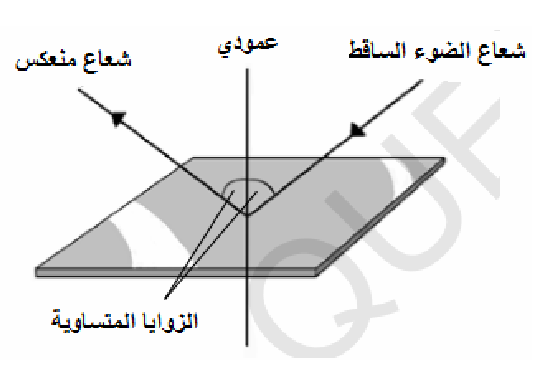
أمواج الضوء:

بما أن الصوت عبارة عن نوع من الموجات الميكانيكية التي تلتقطها آذاننا، فإن يعد الضوء أحد أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تلتقطه أعيننا، وقد تم استيعاب الطبيعة الموجية للضوء قبل استحداث علم الكهرومغناطيسية بوقت طويل حيث قام الفيزيائي الهولندي كريستيان هايجنز Christian Huygensبنشر النظرية الموجية للضوء عام 1678 والذي لا يزال الكثير منها فعالاً إلى يومنا هذا، وبعد ذلك في القرن التاسع عشر تم تطوير

النظرية أكثر من ذلك بواسطة باحثين منهم الإنجليزي توماس ينج Thomas Young، والفرنسي أوغستين چين فرينسل Augustin-Jean Fresnel، هؤلاء العلماء تناولوا تشبيه الضوء بالصوت بشكل حرفي، حيث افترضوا إنه كما تحتاج الموجات الصوتية إلى وسط لتنتقل خلاله فإن الضوء يحتاج أيضاً إلى وسط لينتقل خلاله، وهذا الوسط يعرف بالأثير، ومع ذلك باءت محاولات اكتشاف هذا الوسط بالفشل. ويتم النظر إلى الضوء اليوم على إنه أمواج مستعرضة مكونة من مجالات كهربية ومغناطيسية متذبذبة وتسير عبر الفراغ بسرعة 300000 كيلومتر في الثانية دون الحاجة إلى وسط تنتقل خلاله، ويعرف فرع الفيزياء الذي يتعامل مع الضوء وتفاعله مع المواد بالبصريات.

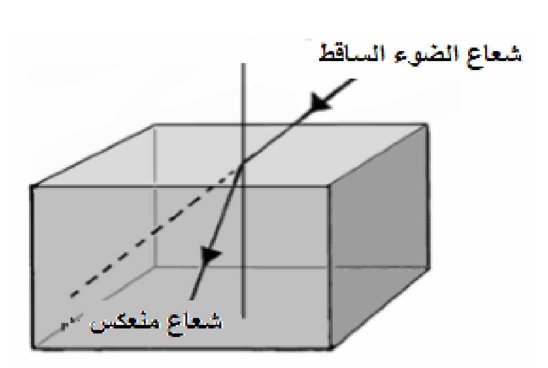
الإنعكاس:

من الخصائص البصرية الأساسية للضوء الإنعكاس والإنكسار، وهما يصفان ما يحدث لموجة الضوء التي ترتطم بسطح بصري أكثر كثافةً، مثلاً: عندما يصطدم شعاع من الضوء في الهواء بنافذة زجاجية، فإن جزءاً من الضوء ينعكس وجزءاً آخر ينكسر، وتعتمد الكمية على استقطاب الضوء.



يحكم الإنعكاس قانونان:

الأول: حيث تقع الأشعة الثلاثة على نفس المستوى، الأشعة الثلاثة هي الشعاع الساقط، والشعاع المنعكس، والعمودي (الذي يصنع زاويةً قائمةً مع السطح).



الثاني: حيث الشعاع الساقط والشعاع المنعكس يصنعان نفس الزاوية مع العمودي.

الإنكسار:

الإنكسار أكثر تعقيداً بقليل من الإنعكاس، وهو إنحناء شعاع الضوء عند مروره بين وسطين كثافتهما الضوئية مختلفة، وبشكل عام ينكسر الضوء تجاه العمودي (الخط العمودي على سطح الزجاج) عندما يتحرك نحو وسط أكثر كثافةً، وينكسر بعيداً عن العمودي عندما يتحرك نحو وسط أقل كثافةً، وكلما ازدادت الكثافة الضوئية قلت سرعة الضوء في الوسط، وتعطى كمية الإنحناء المتعلقة بالإنكسار بحسب السرعات النسبية في كل وسط.

وتعتمد درجة إنحناء الشعاع الضوئي عند الإنكسار أيضاً على طول موجته، وبهذه الطريقة يستطيع الإنكسار تحليل شعاع من الضوء الأبيض إلى مكوناته اللونية في عملية تُعرف بالتشتيت، وتظهر أهمية هذه العملية جليةً عندما يمر الضوء عبر منشور ثلاثي زجاجي.

التكبير:

الحيود:

ليس الإنكسار الطريقة الوحيدة لإنحناء شعاع من الضوء، فعندما يمر الضوء من خلال شق ضيق فإنه ينتشر مكوناً تشكيلةً من أشرطة مضيئة وأخرى معتمة، ويجب أن يكون الشق صغيراً، فلو قمت بإضاءة شيء عبر مدخل الباب فلن تلاحظ أي حيود، ولكن عندما يكون حجم الشق مقارباً أو أصغر من طول موجة الضوء يصبح التأثير ملحوظاً.

ويبلغ طول موجة الضوء حوالي واحد من ألف من المليمتر، وتأخذ الشقوق عادةً شكل المشابك، وهي قطع من مادة مثل الزجاج يتم عمل شقوق على سطحها عن طريق خطوط تسمى خطوط التهديف كل واحد من ألف من المليمتر أو ما يقاربه. وتعتمد الزاوية التي ينتشر الضوء بها بعد عبوره خلال الشق على تردده، وهذا يعني أن الحيود - كما الإنكسار- طريقة لفصل الضوء إلى ألوانه المكونة له، ومن الممكن أن تتعرض جميع أنواع الموجات للحيود بما فيها الأشعة السينية، وموجات الصوت، وموجات الماء.

الإنحراف:

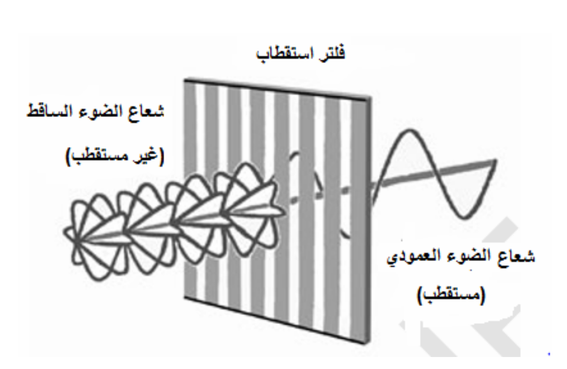
أنظمة العدسات أو المرايا البصرية لا تكون دائماً متقنةً، قد تظهر بها عيوب تعرف بالإنحرافات، وهـذه تحصل لعدة أسباب، لكن أشهرها الإنحراف الكروي والإنحراف اللوني. يحصل الإنحراف الكروي عنـدما يتم وضع المرآة البصرية في شكل غير صحيح بحيث ينعكس الـضوء الـساقط عـلى أجـزاء مختلفـة مـن المرآة على نقاط محورية مختلفة مكوناً صورةً مشوشةً، ويتم عادةً وضع المرآة البـصرية بحيـث يكـون مقطعها العرضي شكلاً محدباً جداً يعرف بالقطع المكافئ. يحصل الإنحراف الكروي عندما يكـون شـكل المرآة أقرب للكرة، وهذه هي المشكلة الرئيسة التي واجهت مرآة مقراب هابل الفضائي.

أما الإنحراف اللوني فيبرز في أنظمة العدسات لأن الدرجة التي ينكسر بها الشعاع الضوئي عنـد اختراقـه الزجاج تعتمد على طول موجته (أو لونه)، فينشأ عدة صور بـألوان مختلفـة وكـل واحـدة مركـزة عـلى مسافة من العدسات، تختلف عن مسافة الأخرى.

ويكون التأثير على الصور الفوتوغرافية هو إنتاج حواف ملونة مشوشة حـول جوانـب الأجـسام، وهـذا التأثير من الممكن التقليل منه قدر الإمكان باستخدام عدسات معدومة اللون (لا لونية)، وهي عدسات تتركب من طبقات زجاجية بمعاملات انكسار مختلفة لجلب ألوان مختلفة إلى البؤرة على أبعد أو أقرب من نفس النقطة.

الاستقطاب:

في الموجة الضوئية العادية من الممكن للمجال الكهربائي للضوء أن يشير إلى كل الاتجاهات الممكنة عمودياً على اتجاه الحركة، ولكن هذه الحريـة مقيـدة في حالة الضوء المستقطب، وأبـسط نـوع منـه هو الضوء المستقطب في المستوى حيـث يهتـز المجال الكهـربي في اتجـاه واحـد ثابـت بحيـث تبدو الموجة وكأنها خيط متذبذب.



مرشحات البولارويد (مادة مستقطبة للضوء) في آلات التصوير والنظارات الشمسية تشبه بوابةً فيها شرائح عمودية تسمح بالعبور فقط للموجات المهتزة في مستوى موازٍ للشرائح، وذلك لإنتاج ضوء مستقطب في المستوى. وبالإمكان تدوير قطعتين متداخلتين من البولارويد بالنسبة إلى بعضهما البعض للتحكم في كمية الضوء المسموح لها بالعبور، وفي الواقع من الممكن تقليلها لتصبح صفراً، وذلك بجعل الشرائح في كل بوابة متلاقيةً عند درجة 90 بالنسبة لبعضهما البعض. ويوجد أنواع أخرى من الاستقطاب، مثل الاستقطاب الدائري والإهليلجي، حيث يدور مستوى المجال الكهربي صانعاً شكل مفتاح كلما تحركت الموجة للأمام.

التداخل:

ارمِ حجرين بالقرب من بعضهما في بركة ماء وراقب التموجات التي تنتشر، حيث تتصادم هذه التموجات وتتداخل في نمط معقد ويظهر العديد من القمم والقيعان، هذه الظاهرة تعرف بالتداخل، وتدور حول الحقيقة القائلة أن الإضطرابات الحاصلة بسبب الأمواج تضاف إلى بعضها، فإذا التقت قمتان من موجتين مختلفين فستظهر قمة واحدة كبيرة مساويةً في إرتفاعها إرتفاع القمتين معاً، وبالمثل عندما يلتقي قاعان يتكون قاع واحد كبير، وهاتان حالتان من التداخل البناء، ولكن عندما يلتقي قمة وقاع فإنهما يلغيان بعضهما إلى حد ما ويبقى اضطراب صغير، وقد لا يبقى شيء وهذا إذا ما كانت القمة والقاع متساويتين في الحجم، وهذا النوع يعد إضطراباً هداماً.

ويؤثر التداخل على جميع أنواع الموجات، بما فيها الضوء، فالأشرطة المضيئة وتلك المعتمة التي تنتج عن الحيود ما هي إلا نتيجة لفعل التداخل، وكذلك ظاهرة الخفقات حيث ينتج صوت متذبذب عندما تكون موجتا الصوت لهما -تقريباً (وليس بالضبط)- نفس التردد، وتعمل سماعات الرأس المضادة للضوضاء على مبدأ التداخل الهدام، حيث تراقب الضوضاء الخارجية وتقوم بتوليد موجة الصوت اللازمة لإلغائها.

النسبيــة

النسبية الجاليلية:

يعد الفيزيائي والرياضي الإيطالي جاليليو Galileo هو أول من قدم نظريةً للنسبية عام 1632م، وقد قال فيها أن قوانين الفيزياء تبقى كما هي بالنسبة لجميع المراقبين الذي يتحركون بسرعة ثابتة. على سبيل المثال، عالم يدرس بندولاً متأرجحاً في مختبره على الأرض يراه يصنع نفس الحركات التي يصنعها بندول آخر في سفينة متحركة عندما يراه مراقب آخر، ومن المستحيل لكليهما أن يعرفا بمجرد التحديق في البندول هل هما يتحركان أم ثابتان؟

وبإمكانك أن تلاحظ بنفسك مبدأ جاليليو للنسبية في المرة القادمة التي تركب فيها القطار، فبمجرد أن يزيد القطار من سرعته قم بإغلاق عينيك، بالطبع تأرجح القطار يمنةً ويسرةً سيجعلك تعرف إنه ليس ثابتاً، لكنك لن تعرف هل يتحرك إلى الأمام أم إلى الخلف - ولا حتى مقدار سرعته- إذا قمت بتثبيت نظرك على خارج النافذة. وقد مهد مبدأ جاليليو الطريق للنظرية النسبية الخاصة لآينشتاين التي جاءت بعد ذلك بأربعمائة عام تقريباً.

النسبية الخاصة لآينشتاين:

في أواخر القرن التاسع عشر بدأت التجارب تكشف اختلافات بسيطةً بين معادلات ماكسويل في الكهرومغناطيسية وقوانين الميكانيكا التي تحكم سلوك الأجسام المتحركة.

وقد جاء الحل عام 1905م بواسطة ألبرت آينشتاين الفيزيائي الذي يعمل في مكتب براءات الاختراع في بيرن بسويسرا، وقد أدرك أن المشكلة تكمن في الطريقة التي تصف بها الميكانيكا الأجسام التي تتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء. في النسبية الجاليلية عندما يتحرك رائد الفضاء بنصف سرعة الضوء، فإنه يرى شعاع الضوء القادم نحوه يتحرك بسرعة تبلغ 1.5 ضعف سرعة الضوء، حيث تضاف سرعتاهما معاً مثل السيارتين اللتين تتحركان باتجاه بعضهما، ولكن فكرة آينشتاين الثورية كانت أن سرعة الضوء (التي تبلغ

300000 كم في الثانية) هي نفسها بالنسبة لكل المراقبين بغض النظر عن السرعة التي يتحركون بها.

وسميت القوانين الجديدة للحركة التي قادت إليها هذه الفكرة بالنظرية النسبية الخاصة، وهي لم توضح الفروق بين الكهرومغناطيسية والميكانيكا فحسب، ولكنها أتاحت اكتشافاتٍ جديدةً حول طبيعة الفضاء والوقت والمادة، مثل التوقع إنه لا شيء يتحرك أسرع من الضوء.

انكماش الطول وتوسع الوقت:

لنسبية آينشتاين الخاصة بعض النتائج الغريبة، على سبيل المثال يصبح الفضاء مضغوطاً والزمن متوسعاً بالنسبة للأجسام المتحركة بسرعة قريبة من سرعة الضوء، ويعرف التأثير الأول بانكماش الطول، إذا قام مراقب بملاحظة سفينة فضاء تمر من جواره بسرعة تبلغ نصف سرعة الضوء وقام بقياس طولها فسيجده يبلغ 0.85 من طولها عندما كانت ثابتةً، وعلاوةً على ذلك ستتحرك الساعات في داخل السفينة بشكل أبطأ. التأثير النسبي المعروف بتوسع الوقت يعني إنه سيمر 1.5 ثانية على ساعة المراقب إذا مرت ثانية واحدة داخل السفينة، وإذا حلقت السفينة بنفس السرعة ثم عادت بعد 10 سنوات (بحسب قياس رواد الفضاء) فسيجدون المراقب قد كبر 11.5 سنة، وأنهم عادوا من رحلتهم وهم يبدون أصغر بـ 1.5 سنة مما هم عليه بالفعل، وعلى الرغم من غرابتها إلا أن هذه التأثيرات حقيقية، وقد تم اختبارها بانتظام في مسرعات الجسيمات التي هي آلات عملاقة تدفع الجسيمات الأولية إلى سرعة قريبة من سرعة الضوء.

$E=MC^2$:

ربما تكون هذه هي المعادلة الأهم في كل العلم، $E=MC^2$ تقرر أن محتوى الطاقة في الجسم (E) يساوي كتلته (M) مضروبةً في مربع سرعة الضوء (C^2). هذه الصيغة - التي جاءت مباشرةً من رياضيات النسبية الخاصة لآينشتاين- أصبحت الأساس لتفاعلات الاندماج والانشطار النووي، وقد وجد الفيزيائيون أن شطر الأنوية الذرية الثقيلة - أو دمج الأنوية

الخفيفة معاً- يؤدي في المحصلة إلى نقصان في الكتلة يتحول إلى كمية هائلة من الطاقة يتم إطلاقها، وقد استخدمت هذه النظرية في محطات توليد الطاقة النووية وفي القنابل الذرية.

النسبية العامة:

عندما تم نشر نسبية آينشتاين الخاصة في عام 1905م كانت قوة الجاذبية - المسؤولة عن مدارات الكواكب- يتم وصفها بالجاذبية النيوتونية. في قانون نيوتن تعد الجاذبية قوةً لحظيةً تنتشر عبر الفراغ بسرعة متناهية، لكن هذا يتعارض في الظاهر مع نظرية آينشتاين القائلة بأن لا شيء أسرع من الضوء، وقد أرقت المشكلة آينشتاين لمدة عشر سنوات حتى قام بإصدار النظرية النسبية العامة عام 1915، وهي نظرية جديدة للجاذبية تتوافق مع النسبية الخاصة.

كانت فكرة آينشتاين الرئيسة هذه المرة هي مطابقة القوة الجاذبية مع انحناء الزمن والفضاء، حيث أدرك أن الفراغ يشبه صفيحةً مطاطيةً مستويةً، قم بدحرجة كرةً زجاجيةً عليها وستسير الكرة في خط مستقيم، ولكن قم بإلقاء جسم ضخم مثل كرة الباولينج وستحدث فجوةً تحرف مسار الكرة الزجاجية، وهذا ما يحدثه الجسم الضخم في الفضاء ليصنع التأثير الذي نعرفه بالجاذبية، وبالتوصل إلى الرابط بين كتلة الجسم والانحناء (متضمنةً في معادلات مهمة) تمكن آينشتاين أخيراً من ربط الجاذبية بالنسبية.

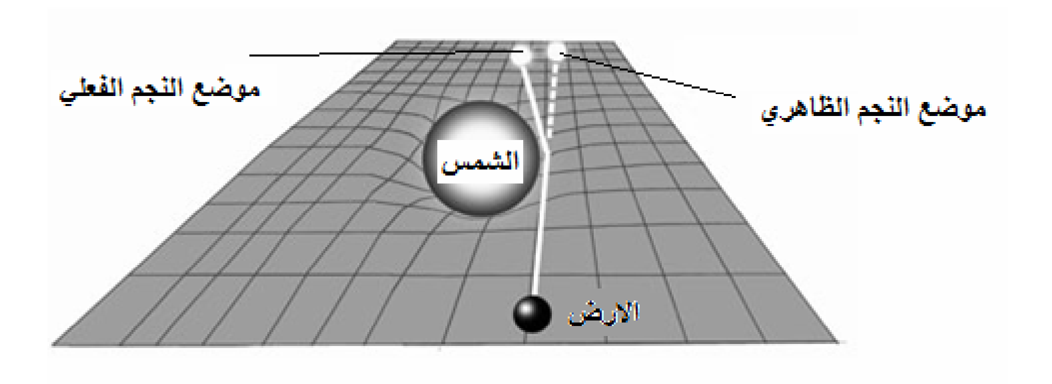
إنحناء ضوء النجم:

من التجارب الأولى التي أقنعت بعض العلماء أن يأخذوا النسبية العامة على محمل الجد تجربة أجريت خلال كسوف الشمس الكلي عام 1919م، حيث قام آرثر إدينجتون Arthur Eddington (رائد فضاء من جامعة كامبردج) بالسفر إلى جزيرة برينسيب Principe في أفريقيا ليحصل على مشهد واضح للكسوف، وهنا -حيث يظهر قرص الشمس الساطع وقد حجبه القمر- كان قادراً على أخذ قياسات دقيقة للمواقع الظاهرة للنجوم التي مر ضوؤها بالقرب من الشمس.

تشوه الفراغ الذي تتوقعه النسبية العامة لا يؤثر فقط على الأجسام الصلبة، بل يؤثر أيضاً

- على العكس من الجاذبية النيوتونية- على أشعة الضوء، وهذا يعني إنه إذا كان آينشتاين محقاً فإن الضوء الذي يأتي من النجوم البعيدة ويمر بالقرب من الشمس، يجب أن ينحني بسبب جاذبية الشمس مكوناً إزاحةً يسيرةً في المواقع الظاهرية للنجوم في السماء، وهذا بالضبط ما اكتشفه إيدنجتون.

ويستفيد الفلكيون اليوم من نفس هذه الفيزياء لكن على نطاق أوسع بكثير، وذلك باستخدام ما يعرف بالتعدس الجاذب لتكبير الضوء الصادر من المجرات البعيدة.



الثقوب السوداء

في عام 1916، عام واحد بعد أن نشر آينشتاين Einsteinالنظرية النسبية العامة، وقدم الفيزيائي الألماني كارل شفارزشيلد Karl Schwarzschild حلاً دقيقاً لمعادلات آينشتاين Einstein المعقدة في المجال للجسم الكروي، ولذلك فهو استنبط وصف لمجال الجاذبية حول نجم أو كوكب. بالنسبة للمجالات الضعيفة اختصرت النتائج الخاصة بنظرية الجاذبية الخاصة بنيوتينNewtoniangravity . ولكن عندما يكون مجال الجاذبية قويًا جداً، لاحظ شفارزشيلد Karl Schwarzschild أمراً شيقاً: بدت المعادلة وكأنها تقول فإذا كان نصف القطر للجسم الجاذب صغيرًا بما يكفي، فإن جاذبيته تصبح قوية جداً حيث لا شيء يستطيع الهروب منها حتى ولو الضوء.

اكتشف شفارزشيلد Schwarzschild **الوصف الرياضي لما هو معروف الآن باسم الثقب الأسود. فحتى الأرض يمكن أن تصبح ثقبًا أسود.** يعطي ما يعرف باسم "نظرية نصف

قطر الدائرة لشفارزشيلد" Schwarzschild يعطي حجمًا لكائن من كتلة محددة لابد من سحقه ليصبح ثقب أسود. حتى كوكب الأرض يمكن أن يصبح ثقب أسود إذا سحق إلى حجم أصغر بما فيه الكفاية - فلدى كوكبنا نصف قطر دائرة شيوارزشيلد Schwarzschild بحوالي سنتيمتر واحد. وبالنسبة للنجوم، فقط بضعة كيلومترات، يعرف السطح المحدد بنصف قطر الدائرة لشيوارزشيلد Schwarzschild في بعض الأحيان بأنه الأفق الخاص بالثقب. يمكن إنتاج الثقوب السوداء في انفجارات السوبرنوفا (الطارف الأعظم)، مشيرتاً إلى وفاة نجم. تزن الثقوب السوداء الهائلة مليارات أضعاف كتلة الشمس ويعتقد بأنها تكمن في مركز عدة مجرات.

التفرد القادر على الجذب:

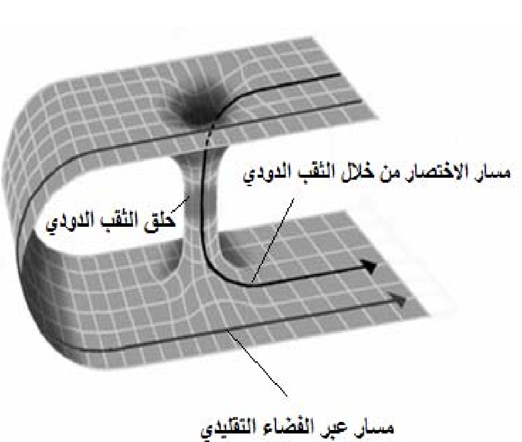
في قلب الثقب الأسود، حيثما تفصل قوانين الفيزياء، تقع نقطة ذات كثافة لا نهائية تعرف بالتفرد القادر على الجذب. تشكل التفرد القادر على الجذب عندما يصبح المجال القادر على الجذب للشيء المنهار قوياً جداً، حيث لا تستطيع قوة الطبيعة مقاومته أو إيقاف ذلك الشيء المنهار. على سبيل المثال، يدعم النجم العادي بضغط الغاز بداخله من النظرية الحركية- وهي القوة الخارجية التي توازن السحب الداخلي بفعل الجاذبية. تتعطل الأشياء المضغوطة مثل الأقزام البيضاء والنجوم النيوترونية بواسطة أنواع مختلفة من الضغط الميكانيكي الكمي، ولكن عندما تتغلب الجاذبية عليه، لا يوجد ما يمكن أن يوقف الانهيار إلى نقطة الحجم صفر.

أجري اتفاق كبير حول طبيعة المتفردات وكيفية تشكيلهما عام 1960، بواسطة جامعة أوكسفورد Oxford university، وقام بها متخصص الرياضة روجر بينروزRoger Penrose وستيفن هوكينج Stephen Hawking بجامعة كامبردج. كما تصور روجربينروز Roger Penrose فرضية الرقابة الكونية، الفكرة حيث يجب أن تختفي المتفردات عن الأنظار خلف الأفق. واليوم، يؤمن أغلب العلماء بالمتفردات القادر على الجذبة بأنها نظرية رياضية لنظرية النسبية الكلاسيكية العامة، وسوف تزيلهم الآثار الكمية بكاملها في نظرية الجاذبية الكمية.

الثقوب الدودية:

يبتلع الثقب الأسود كل شيء يندرج ضمن الأفق ولكن أين تذهب هذه المواد؟ في عام 1935، قال ألبرت آينشتاين Albert Einstein وپرينستون Princeton وزميله ناثان روزين Nathan Rosen إنه قد تخرج أشياء متماثلة تعرف بالثقوب البيضاء. افترض آينشتاين Albert Einstein وروزين Rosen أن الثقب الأسود والثقب الأبيض يمكن أن يتصلا من خلال قناة من خلال المكان والزمان ويطلق عليها فيما بعد باسم التقب الدودي.

قد تقدم الثقوب اختصارات عبر المكان وربط مناطق من العالم التي تنفصل بخلاف ذلك بشكل واسع ويمكنها حتى أن تمسك مفتاح السفر عبر الزمن. ومع ذلك، هناك عقبة كبيرة يجب التغلب عليها إذا كان البشر يسخرون الثقوب الدودية للسفر. وقد أظهر علماء الفيزياء بأن أنفاق الزمكان هذه غير مستقرة بطبيعتها. يهدف الحلق الضيق الذي يربط بين فاهين إلى غلقها مثل أنبو مطاطي ممدود، والوسيلة الوحيدة للاحتفاظ به مفتوح هي استخدام نوع غريب من المواد معروف بالمادة الغريبة والتي بها طاقة سلبية. يتم إجراء كسور دقيقة للجرام في التجارب. ولكن لتثبيتها مفتوحة يحتاج مهندسو الثقب الدودي 'لشحن المادة الغريبة بعشرة أضعاف حجم كوكب المشترى.



الموجات القادر على الجذبة:

إن أحد التوقعات المتبقية القليلة غير المختبرة للنسبية العامة هي فكرة ذلك الوقت القوي الذي يختلف عن المجالات القادر على الجذبة، على سبيل المثال، يتم إصدار ذلك من خلال زوج من الثقوب السوداء تميل حول بعضها البعض بنصف سرعة الضوء- وقد تصدر إشعاع في شكل موجات في بنية الزمان والمكان نفسه. تسافر الموجات القادر على

الجذبة عبر الفضاء بسرعة الضوء وسوف ينتج مرور الموجة تغيرات دقيقة في المسافة بين النقاط القريبة. وقد حاول علماء الفيزياء في التجارب الكشف عن تلك التغييرات باستخدام ترتيبات متعمقة لليزر القادر على قياس حركات صغيرة بقدر 10^{-19}m. ولكن بعد ذلك صارت بحوثهم دون جدوى.

وعلى الرغم من عدم الكشف عن الموجات القادر على الجذبة بشكل مباشر بعد، فإن هناك دليل غير مباشر على وجودها. لاحظ رواد الفضاء زوج من نجوم النيوترون الثنائية، ويتم تشكيل جسيمات بالغة الكثافة في انفجارات سوبر نوفا (الطارف الأعظم) ليلتئم بالمعدل المتوقع إذا فقدت المجموعة الطاقة بسبب الموجات القادر على الجذبة.

تباطؤ الإطار المرجعي:

في عام 1918، أبرزا اثنان من علماء الفيزياء نتيجة النظرية النسبية العامة لآينشتاين Einstein حيث وضعتها في فئة من تلقاء نفسها لغرابتها.

قام جوزيفلنس وهانز ثيرينج بحساب التأثيرات في نظرية آينشتاين Einstein،بأن دوران الشيء حول محوره يؤثر على المكان إلى حد ما، مثل الملعقة في العسل الأسود. أي أشياء تشغل الفضاء بالقرب من شيء يدور يكنسه معه. وبالنسبة للكواكب والنجوم العادية، فإن ما يسمى بتباطؤ الإطار المرجعي ضعيف، ولكن يمكن أن يمكن للأشياء الجاذبة بقوة والقريبة أن تتضح.

وخصوصاً، في منطقة بالقرب من الثقب الأسود الذي يدور وتعرف باسم الأرجوسفير ergosphere، فيجذب ما في الفضاء من حوله بنشاط بحيث يمكنه استخراج طاقة مفيدة من الدوران. وشاهد بعض العلماء أن هذا قد يقدم مصدر طاقة لحضارة متقدمة. واكتشف الدليل المتوقع لتباطؤ الإطار المرجعي عام 2004 من قبل العلماء الذين يحللون البيانات من قمرين صناعيين يدوران حول الأرض. وزعما أنهما قد كشفا أثر تباطؤ الإطار المرجعي لكوكبنا.



نظرية الجاذبية الكمية

الجسيمات

وهي المكونات الصغرى للمادة ويطلق عليها الجسيم اللاذري، وهي تعتبر المكونات الأساسية لكافة المواد الأخرى. وأكثر الأنواع شيوعاً للجسيمات هي البروتونات والنيوترونات، تحمل البروتونات شحنة كهربائية موجبة بينما النيوترون متعادل كهربياً. يتم قياس كل منهما، فيرمي واحد بقطر 10^{-15} m في التفكير العلمي، ويزن حوالي 2×10^{-27} كجم. يبدو ذلك صغيرة جداً، ولكن البروتونات والنيوترونات عملاقة مقارنة بالعضو المشترك الآخر لعالم الجسيم/ الإلكترونات والتي تزن فقط 10^{-30}كجم. تجتمع البروتونات والنيوترونات معاً بأعداد مختلفة لتشكيل نواة ذرية من كل ما يعرف بالعناصر الكيميائية. تدور الإلكترونات حول تلك النوى لتشكل ذرات ثم تتصل تلك بدورها أحدها بالأخر لتشكل جزيئات. هناك

عشرات الجسيمات غير الذرية المعروف بوجودها، ومنها المزيونات إلى النترونات إلى كوارقات، وكذلك الكثير الذي وضع نظرية لها ولكن لم يتم الكشف عنها بعد. أن نظرية الكم هي فرع من الفيزياء يحكم كل شيء يحدث في عالم اللاذري.

التكميم

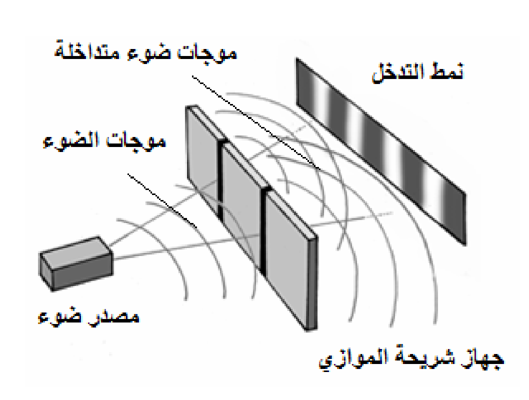
إن الفرضية الرئيسة من نظرية الكم هي أن، على المستوى اللاذري، الأمر غير مستمر بعد. وبدلاً من ذلك، فهو يأتي في قطع منفصلة أو كميات. أن الطبيعة هي الكم، وهى أحد أول الخصائص التي لاحظها علماء الفيزياء بأنها تتصرف تماماً مثل الشحن الكهربائي. في التجربة المنوية، النتائج التي نشرت عام 1910، حيث قام العالم الفيزيائي روبرت ميليكان بقياس الشحن الكهربائي على نقط من الزيت، فوجدت أضعاف إجمالي عدد الكمية الأساسية - وهي شحنة الإلكترون. وقد ظهر الدليل أن الكميات الأخرى مثل الطاقة والزخم، حتى الزمان والمكان- تم تحديد الكمية على أصغر المقاييس.

مستويات الطاقة:

تخضع الطاقة في الفيزياء الكمية إلى عملية تكميم. وهذا للقول، أنها مقيدة بمجموعة غير متواصلة من القيم. على سبيل المثال، يسمح للإلكترون الذي يدور حول نواه الذرة ليشغل مستويات الطاقة المتوقعة من خلال قانون الكم. عندما تمتص الذرة كمية طاقة معادلة للفجوة بين مستويين من الطاقة، يمكن للإلكترون في المستوى المنخفض أن يقفز بين المستويين. وبعد وقت، فهي تسقط من تلقاء نفسها للأسفل، وتعيد انبعاث الفوتون من الطاقة ذاتها.

ترتبط طاقة الفوتون مباشرةً بترددها- أن الطاقة هي فقط مرات تكرار ثابت بلانك، العدد الذي يوضح الوقت والتكرار في نظرية الكم، يعادل 6.6×10^{-34} وبسبب أن التردد هو تماماً مثل اللون، فهذا يعني أن الذرات تخرج ضوء من خصائص اللون حيث تسقط إلكتروناتها بين مستويات طاقة محددة. يمكن رؤية ذلك في العالم الحقيقي خلال طلوع النهار - يظهر ضوء الغلاف الجوي في الأقطاب الشمالية والجنوبية - وكذلك في إشارات النيون. تضخ المجالات الكهربائية غاز نيون مع طاقة، حيث ترفع مستويات طاقة إلكتروناتها. وكلما تسقط لأسفل تعطي ضوءًا أحمر مميزًا للنيون.

ازدواجية موجة جسيم:



يثبت التأثير الكهروضوئي أن الموجات يمكن أن تسلك نفس سلوك الجسيمات الصلبة الفوتونات، ولكن هذا لم يكن طريقاً ذو اتجاه واحد، فالجسيمات أيضاً التي تظهر قريباً، قد تظهر خصائص تشبه الموجات. على سبيل المثال، يمكن أن تخضع الإلكترونات إلى الإنحراف عندما تمر عبر الثغرات في الشبكة البلورية. ولكن ربما تكون الملاحظة الرئيسة هنا التي تظهر الطبيعة المزدوجة للأشياء الكمية حيث أن الموجات والجسيمات هي تلك التي تسمى

تجربة شقي يونج. يصنع الضوء الذي يسطع من خلال زوج من الشقين المتوازيين نمطًا متداخل يتميز بأهداب ضوئية شديدة الإنارة وأهداب عاتمة على الشاشة، حيث تتداخل نقاط الذروة والقاع في موجات الضوء. ولكن ماذا لو انخفضت كثافة الضوء إلى النقطة حيث تمر الفوتونات المنفردة عبر الجهاز مرة واحدة؟ فربما ستظن أن كل فوتون يمر عبر أي من الشقين، ويختفي نمط التداخل.

ولكن الحقيقة مختلفة تماماً. حيث يقوم الفوتون المنفرد بعمل نقطة سطوع منفردة على الشاشة. ولكن مع تكرار التجربة عدة مرات وتسجيل موضع نقطة السطوع في كل مرة، فسوف تتراكم جميعها، حتى تعيد إنشاء نقطة التداخل الأصلية، فيبدو الأمر وكأنه جسيمات وأمواج في الوقت ذاته.

معادلة شرود نجر**Schrödinger**:

وضع التناظر بين الجسيمات الكمية والموجات على أساس صلب بواسطة الفيزيائي النمساوي إرفين شرود نجر Schrödinger عام 1926. فقد كون معادلة موجية تصف الجسيمات الصلبة. لم تمنح هذه المعادلة موضعًا أكيدًا للجسيمات في الفراغ ولكن بدلاً من إيجاد نقطة محددة، فهي تصف موجة محتملة تتوافق ذروتها مع المواقع حيث يحتمل وجود الجسيمات.

وفي حالة تجربة شقي يونج (الشق المزدوج)، والتي كانت حاسمة في إنشاء ازدواجية موجة الجسيم، تتوقع معادلة شرودنجر موجة ذروات الاحتمال على الشاشة. ويتوافق ذلك مع حيث يحتمل أن يصل الفوتون الواحد للضوء.

مبدأ عدم التأكد:

ظهر هذا المبدأ بواسطة الفيزيائي الألماني ويرنر هايزنبرج Werner Heisenberg عام 1927، فربما يكون مبدأ عدم التأكد هو أحد القوانين الأغرب للنظرية الكمية. في الحقيقة يوضح هذا المبدأ إنه من المستحيل معرفة كلاً من موقع الجسيم وزخم حركته في أن واحد. كلما زادت دقة معرفتنا بأحدهم، فإن معرفتنا بالجسيمات الأخرى تقل دقتها وخصوصاً،

استنتاج هايزنبرج Werner Heisenberg بأن عدم التأكد من الموقع مضروباً في عدم التأكد من زخم الحركة أكبر من أو معادل للثبات لدي بلانك plank، وهو عدد ينشأ عن تعريف مستويات الطاقة الذرية.

العزم المغزلي الكمي:

تظهر الجسيمات الكمية العديد من الظواهر التي تكون مشابهة للعالم المحيط بنا، ولكن أحد الظواهر المختلفة تماماً تكون ظاهرة "العزم المغزلي الكمي" حيث أن العزم المغزلي في العالم المحيط بنا تكون خاصية للحركة، مثل السرعة والعجلة،

العزم المغزلي يكّون خاصية جوهرية للجسيمات - مشابهة للكتلة والشحنة الكهربية. ومثل الخصائص الكمية الأخرى، فإن العزم المغزلي يكون كمّا ويظهر على نحو معتاد في صورة الرقم الكلي مضروبًا في قيمة 2/1.

تنقسم الجسيمات الكمية إلى أثنتين من المجموعات طبقاً لقيمة العزم المغزلي الخاصة بهما.

والجسيمات التي الرقم الكلي للعزم المغزلي الخاصة بها يكون -0، 1، 2 الخ - يطلق عليها اسم البوسون Bosons. بينما تلك التي يكون لها الرقم الكلي النصفي -2/1، 2/3، 2/5، ألخ تعرف باسم الفيرميونات fermions.

البروتونات والنيترونات والإلكترونات جميعها لها عزم مغزلي قيمته 2/1، وهكذا فهي جميعاً من الفيرميونات. ولكن على الجانب الآخر، الفوتونات يكون لها عزم مغزلي 1 والذي يجعلها من البوسون Bosons. وعلى الرغم أن العزم المغزلي للجسيم يكون خاصية ثابتة، فقد ينتقل الجسيم من أحدى الحالات للحالة الأخرى لأعلى ولأسفل والتي يشار إليها +/- على الترتيب. وهكذا فإن الإلكترون يكون له عزم مغزلي +2/1 في الحالة العلوية و-2/1 في الحالة السفلية.

الأعداد الكمية:

الأعداد الأربعة التي تسمى أعدادًا كمية تصف سلوك الإلكترونات داخل الذرات. الرقم الأول يعطي مستوى الطاقة حول نواة الذرة التي يشغلها الإلكترون، وهي على نحو

طبيعي تأخذ الحرف n وتأخذ قيمة رقم كلي 1 أو 2 أو 3. وداخل كل مستوى طاقة يكون هناك مدى من الكم المشابه لكمية التحرك. وهو يشار إليه على نحو طبيعي بـ "1" والذي يمكن أن يأخذ أي قيمة بين الصفر ون-1. وهكذا في مستوى الطاقة ن=2، فإن قيمة 1 يمكن أن تكون صفر أو 1. وفي أثناء ذلك، فإن رقم الكم المغناطيسي "ml" يمكن أن يتغير من القيمة -1 إلى القيمة 1 - وكذلك -1، صفر، وأن قيمة 1 تكون مسموحة للحالة ن=2. وأخيراً، فإن رقم العزم المغزلي الكمي "m" يسجل لأعلى أو لأسفل قيمة العزم المغزلي - وهكذا يأخذ القيمة +2/1 أو - 2/1.

الأعداد الكمية جميعها تطيع قوانين البقاء (مثل قانون بقاء الطاقة - المترجم) وهي معاً تعرف حالة نظام الكم. وتكون الأرقام الأربعة المشار إليها سابقاً كفئًا لتحديد حالة الإلكترونات في الذرة. وتتطلب نظم الكم الأكثر تعقيداً من هذه الأرقام الأربعة الأساسية.

مبدأ الاستبعاد

إن مبدأ الاستبعاد لباولي، تم تسميته باسم فولفجانج باولي، عالم الفيزياء الذي اكتشفه في 1925، وهو يكون نظرية تحكم سلوك جسيمات الفيرميونات- والتي هي جسيمات ذات عزم مغزلي للرقم الكلي النصفي. وفي أغلب حالاته، يقول المبدأ إنه في الذرة الواحدة لا يوجد اثنان من الإلكترونات لهما نفس كل الأرقام الأربعة.

إن مبدأ باولي، مع قواعد الأعداد الكمية، يقدر كم عدد الإلكترونات التي يمكن أن تشغل مستوى طاقة واحد في أي ذرة. وعلى سبيل المثال، فإن مستوى الطاقة الأول والذي رقم ن=1، تكون القيمة المباحة للأرقام الكمية هي 1 وm1 يكون صفر. الرقم النهائي ms، يمكن أن يكون أما +2/1 أو -2/1 أن ذلك يعني أن هناك أثنين من الحالات المتميزة في مستوى ن=1 وبناء على ذلك فإن الحد الأقصى لها يكون أثنين من الإلكترونات. وعلى نحو مشابه، فإن المستويات ن= 2 و3 و4 تحتوي 8 و18 و32 إلكترونًا على الترتيب. ويعني مبدأ الاستثناء أن البوسونات bosons والفيرميونات fermions يتفاعلان مع بعضها البعض بشكل مختلف، وأن ذلك يؤثر على خصائص المقياس الكبير كما يتم وصف ذلك في علم الميكانيكا الإحصائية.

قطة شرودنجر:

إن تفسير الموجات الخاص بالنظرية الكمية يبدو إنه يسمح للجسيمات أن توجد في اثنين من الأماكن في نفس الوقت، وفي تجربة الشق المزدوج (تجربة يانج وفيها قام بعملية تداخل لموجات الضوء - المترجم) الخاصة بالطبيعة المزدوجة الجسيمية الموجية للجسيمات، على سبيل المثال، يبدو أن جسيمًا واحدًا عبر خلال الشقين والذي ابتكر النموذج المتداخل الذي يظهر على الشاشة (الحائل). وقد قدم العالم النمساوي شرودنجر تجربة ذات فكرة بارعة لتوضيح سخف ذلك، تلك التجربة التي أصبحت معروفة باسم قطة شرودنجر.

فقد تخيل شرودنجر صندوقًا مغلقًا، وبداخله وضع قطة وقارورة من سم مميت. السم تم وضعه بعملية كمية، لنقل اضمحلال الذرة المشعة - وهكذا إذا الذرة اضمحلت بالإشعاع، فإن القارورة سوف تنكسر والقطة تموت. وإذا ظلت الذرة تعمل دون اضمحلال بالإشعاع، فالقطة سوف تعيش. شرودنجر قد جادل بأنه قبل أن يتم القياس- أي قبل أن يتم فتح الصندوق - فإن الذرة تكون محكومة بمعادلة الموجة التي تصف أنها تضمحل ولا تضمحل في نفس الوقت. وبناء على ذلك فإن القطة غالباً سوف تكون ميتة وغير ميتة في نفس الوقت.

تفسير كوبنهاجن:

برغم أن تجارب مثل تجربة قطة شرودنجر أجبرت الفيزيائيين على التفكير طويلاً وبقوة عما تقوله فعلاً قوانين الكم عن عالم الفيزياء. فإن الرؤية الأولى كانت تعرف باسم تفسير كوبنهاجن للنظرية الكمية، وهي تم تسميتها تبعاً لاسم عالم الكم الفيزيائي نيلز بور من جامعة كوبنهاجن من الدينمارك، والذي بذل جهدًا كبيراً في تطوير هذه النظرية.

على نحو محوري، فإن تفسير كوبنهاجن يكون عملية تسمى "انهيار الدالة الموجية". فإن ذلك يقول أن الجسيمات الكمية تسلك مثل الموجات - والتي تمكّنها من أن توجد في مكانين في نفس الوقت - حتى يتم قياسها، عند النقطة التي تنهار فيها الدالة الموجية فتصبح جسيمات صلبة وتوجد في موضع معرف على نحو صحيح. في تجربة قطة شرودنجر الفكرية، تكون الدالة الموجية أو الموجة ناشئة من مصدر مشع- ومن خلال

المصادفة - تنهار القطة لحالة معرفة بصورة واضحة وجيدة عند فتح الصندوق. فبالتصور أن القطة تكون في احتمال حالة من الحالتين: الحالة الميتة والحالة الحية، فعند فتح الصندوق تكون في حالة واحدة منهما بالتأكيد.

عوالم متعددة:

بديل جديد لتفسير كوبنهاجن معروف بتفسير العوالم المتعددة، والذي قد وضعه العالم الفيزيائي هوج إيفرت في 1957. بصورة جوهرية، هذا التفسير يقول أن كل حدث كمي يسبب انشطارًا في الكون الخاص بنا إلى أكوان أخرى موازية، والتي فيها كل ناتج محتمل للحدث يمكن تحقيقه. بينما في الرؤية الأولى يبدو ذلك غير قابل للتصديق، فإن فكرة العوالم المتعددة تعرض تفسير مُرضي بصورة أكبر للنظرية الكمية عن تفسير كوبنهاجن لانهيار الدالة الموجية، وذلك بسبب إنه لا يجعل المراقب العامل الرئيسي في التحديد.

في رؤية نظرية العوالم المتعددة لتجربة قطة شرودنجر، فإن العالم ينشطر إلى اثنين - الأول عندما المصدر المشع يضمحل، والثاني عندما المصدر المشع لا يضمحل. في أحد هذه العوالم القطة تعيش وفي العالم الآخر القطة تموت. وأن معادلات النظرية الكمية من ثم تعطي الاحتمالات النسبية لنا والتي تنتهي كل منها في عالم مختلف. وعلى نحو حاسم، فإن القطة ليست حية ولا ميتة أبداً في نفس العالم فإن ذلك يكون ملمح من تفسير العوالم المختلفة الذي يسمى فك التداخل decoherence.

فك التداخل (الارتباط) **Decoherence:**

في تفسير كوبنهاجن للنظرية الكمية، يقدر انحلال الدالة الموجية عندما يتوقف الجسيم عن السلوك بالموجة الكمية ويبدأ السلوك كجسيم كلاسيكي والذي يمكن أن يوجد فقط في مكان واحد في وقت محدد. في رؤية أو نظرية العوالم المتعددة، فإن الانتقال من السلوك الكمي للسلوك الكلاسيكي يشار إليه بفك التداخل (فك الارتباط) decoherence. حيث أن انحلال الدالة الموجية يعزي هذا الانتقال إلى تدخل المراقب في محاولته للقيام بالقياس، وأن فك الارتباط (التداخل) يعزي ذلك للتفاعل الحتمي لنظام الكم مع بيئته.

وهو يكون مشابه للتفكير في التأثيرات الكمية كنقاط توازن للقوى وتيارات الهواء المطلوبة لابتكار دائرة كافية من الدخان في الهواء - والتي يتم محوها فجأة بواسطة الرياح.

في رؤية نظرية العديد من العوالم لتجربة قطة شرودنجر، في كل مرة الدالة الموجية لمصدر الإشعاع تتفاعل مع مكتشف الجسيم، تجبر الموجة على فك الارتباط لتكون في حالة أما الجسم يبعث الإشعاع أو لا يبعثه. وبالضبط عند هذه النقطة فإن كل عالم مطابق لأحد الاحتمالات يكون ظاهرًا على نحو منفصل.

الانتحار الكمي:

هل هناك أي طريقة للتميز بين رؤية العوالم المتعددة وتفسيرات كوبنهاجن عن النظرية الكمية؟ الفيزيائي ماكس تيجمارك، من معهد ماساشيوستس للتكنولوچيا، يعتقد إنه توصل لهذه الطريقة: فإن تطور مروع قد حدث للتجربة الفكرية لقطة شرودنجر، والتي تسمى الانتحار الكمي. ويتخيل تيجمارك بندقية بنظام ميكانيكي أوتوماتيكي في سحب وحدة الإطلاق الميكانيكية تجسد هنا النظام الكمي، وبذلك فهو أما يطلق النار للقتل أو يطلق بدون أن يسبب ضرر هذان الاحتمالان بنسبة 50/50. أي شخص يراقب والبندقية سوف تطلق النار على نحو عشوائي. ولكن يقول تيجمارك، أن أي فرد يضع رأسه بالقرب جداً من البندقية سوف يضمن أن يسمع الطلقة في كل مرة، وهو يقول أن السبب يكون في تفسير نظرية العوالم المتعددة والتي يدعمها هو، أن هناك عوالم حقيقية والتي فيها البندقية لا تطلق النار. وأن القائم بالتجربة ليس عليه أن يدور في الأكوان ليرى النتائج (أين تعمل البندقية) فهم يجدوا أنفسهم في الكون أو العالم الذي يعيشون فيه. ويضيف تيجمارك إنه ليست هناك خطط لمحاولة الانتحار الكمي في أي وقت قريب.



الظواهر الكمية

الجسيمات الافتراضية

إن الأماكن الفارغة ليست فارغة حقاً، وطبقاً لمبدأ عدم التأكد الكمي فإنها كتلة seething لجسيمات لاذرية تظهر وتختفي في الوجود، والتي تكون معروفة بالجسيمات الافتراضية. ويقول المبدأ أن هناك حالة من عدم التأكد في تحديد موضع الجسيم مضروباً في عدم التأكد له في قيمة كمية الحركة الخاصة به والتي تكون دائماً أكبر من قيمة ثابت بلانك الصغيرة، وأن ذلك يكون مشابه للقول بأن عدم التأكد من طاقة الجسيم مضروباً في عدم التأكد لوقت الملاحظة ينبغي أن يكون أكبر من الحد الأدنى للقيمة. وبناء على ذلك فإن الجسيم الذي تكون طاقته E يمكنه أن يندفع للوجود مرة أخرى في الزمن t، فإن E & t، عندما يتم ضربهما معاً، يحققون مبدأ عدم التأكد. ويعني ذلك إنه يمكنك أن تصنع جسيمات ذات قصيرة الحياة ذات طاقة عالية أو منخفضة والتي تظل لفترة قليلة في الوجود. الجسيمات الافتراضية تتشكل في أزواج أحدهما يكون مادة matter والثاني يكون مادة مضادة antimatter.

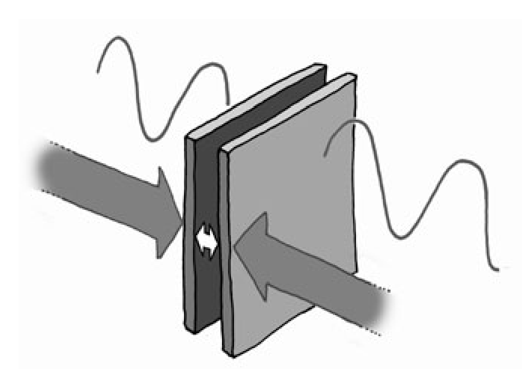
نقطة صفر الطاقة:

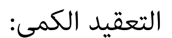
إن حالة الطاقة الأدنى للنظام الكمي تكون معروفة بأنها الحالة الأرضية (أو الحالة الأساسية)، وأن مستوى الطاقة للحالة الأرضية يتم تسميته أحياناً طاقة النقطة صفر. وهي جملة تأتي من صفر لمقياس الديناميكا الحرارية والتي تكون معرفة بنظرية الحركة kinetic theory، وبصورة عامة فهي تعبر عن المستوى الأدنى للطاقة التي يمكن للنظام أن يملكها، وأن وجود الجسيمات الافتراضية يعني أن نقطة صفر الطاقة للمكان الفارغ - والمعروفة أيضاً باسم طاقة الفراغ - تسمى الثابت الكوني أو الطاقة السوداء - يعتقد أنها تؤثر على معدل التوسع الكوني بالمقياس الكبير.

تأثير كازيمير **Casimir**:

إن النتيجة المباشرة لنقطة صفر الطاقة في الفراغ تكّون ظاهرة يطلق عليها اسم تأثير Casimir. وهو وضع لوحين متوازيين من المعدن على مسافة 1/مليون من المليمتر في

الفراغ واختبر قوة السحب لهم معاً، وأن القوة ترتفع من الجسيمات الافتراضية. وتقول النظرية الكمية أن هذه الجسيمات يمكن أن يتم الاعتقاد أنها مساوية للموجات وخارج الألواح، فإن كافة الأطوال الموجية تكون موجودة، ولكن بالداخل يكون موجود الموجات التي تتلاءم بين الألواح - فالموجات الثابتة والتي تكون على مسافة من الألواح تكون الرقم الكلي whole number لأطوال الموجات. والآن يتم التحول للغة الجسيم وذلك يعني أن هناك جسيمات أقل في الداخل عن الخارج، وأن ذلك يبتكر فرق في الضغط والذي يضغط على الألواح معاً. وأن تأثير كازمير Casimir قد تم طرحه على المستوى النظري بواسطة الفيزيائي الهولندي هيندريك كازمير في 1948. وقد تم القياس على المستوى التجريبي بواسطة ستيف لاموركس في جامعة واشنطن في 1996.





التعقيد الكمي:

في 1935، وضع البرت آينشتاين مع اثنين من رفاقه وهم ناثان روزن وبوريس بودولسكي- تجربة كمية فكرية والتي كان لها نتائج باقية ومستمرة للآن. إذ تخيلوا عمليات كمية، والتي تنتج اثنين من الجسيمات بها عزم مغزلي متضاد. جسيمات البيون Pion يمكنها أن تفعل ذلك - وهي تكون معروفة أنها تضمحل إلى أثنين من الجسيمات لهما عزم مغزلي متضاد. وأن جسيمات البيون Pion يمكنها أن تقوم بذلك - وهي بأنها تضمحل مكونة إلكترون وبوزترون (البوزترون هو مضاد المادة بالنسبة للاكترون). أحد الجسيمات المضمحلة يكون له عزم مغزلي +2/1 والثاني يكون له -2/1 ولكن من المستحيل أن نقول أي منهما يكون كذلك حتى نقوم بعملية القياس. في الحقيقة، فإن الجسيمات نفسها لا تقرر حتى أي جسيم يكون هو حتى يتم القياس والذي يجبر الدوال الموجية بها أن تفك الارتباط decoherence.

ومع ذلك عندما يتم هذا القياس، وأحدى الدوال الجيبية تجبر أن تقوم بفك الارتباط، فإن ذلك يثبت فوراً حالة الدالة الأخرى- بغض النظر عن مدى بعد هذه الأخرى عن الأولى.

يعبر ذلك عن أخذ الجسيمات إلى جوانب متضادة متعارضة في الكون، فقياس أحدهما سوف يعمل فوراً على تحديد حالة الجسيم الآخر. وقد سخر آينشتاين علناً من هذه "التحرك الشبحي عبر المسافة البعيدة" معتقداً أن ذلك لا يمكن أن يتم شموله في داخل علم الفيزياء. وعلى كل حال، فإن قدرة الجسيمات الكمية على البقاء مرتبطة بهذه الطريقة يعرف الآن باسم التعقيد الكمي quantum entanglement، وهو يشكّل قاعدة نظم الاتصال الكمي eavesdropper-proof وحتى نظم "انتقال المادة عن بعد" teleportation.

تكاثف بوز- آينشتاين:

مع العزم المغزلي للرقم الكلي النصفي، خضوعاً لمبدأ باولي للاستبعاد - بأنه في أي نظام كمي معطى يكون من المستحيل لأثنين أو أكثر من الجسيمات إشغال نفس الحالة، أما على مستوى البوسون Bosons، وهي الجسيمات ذات العزم المغزلي للرقم الكلي، فإن هذه تكون قصة أخرى. فإن البوسون Bosons ليس لديه qualms والخاصة بالتكدس في نفس الحالة. وذلك يعني إنه إذا النظام تم تبريده لدرجة حرارة قريبة جداً من الصفر المطلق، فإن أي جسيم سوف يسقط في الحالة الأرضية الأدنى للطاقة، وأن نظام كهذا يسمى تكاثف بوز- آينشتاين، وقد تم تسميته باسم علماء الفيزياء بوز ناث ساتيندرا وألبرت آينشتاين والذين تنبأوا على نحو نظري بهذه الحالة للمادة في عقد العشرينات من القرن العشرين، وأن تكاثف بوز- آينشتاين قد تم تحقيقه على المستوى التجريبي في المعامل.

وأن الدوال الجيبية لكافة الجسيمات في تكثيف بوز-آينشتاين تعمل على التداخل ليشكل مجموعة واحدة منفردة ضخمة "أشباه الجسيمات quasiparticle" والتي تظهر تأثيرات كمية على المقياس الكبير.

السيولة الفائقة:

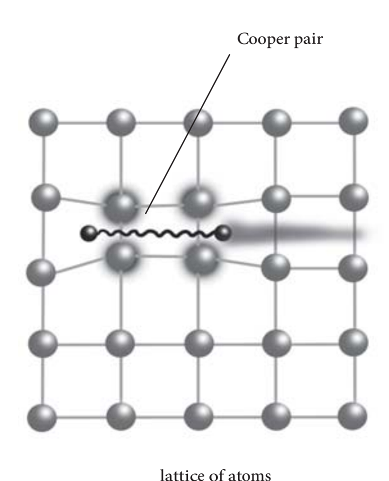
لقد مهدت نظرية تكاثف بوز- آينشتاين الطريق لاكتشاف خاصية أخرى مذهلة للمادة وهي: السيولة الفائقة، وهي قدرة السوائل المبردة لدرجة فائقة على التخلص من كافة أشكال اللزوجة بها. ففي 1938، قد وجد أن الهليون-4 (نظير الهليوم به اثنين من جسيمات

النيترون الإضافية في نواته0) والتي تم تبريدها حتى أثنين درجة فوق الصفر المطلق، والتي شكلت تكثيف بوز- آينشتاين وكذلك سلكت بوصفها سائلاً فائق السيولة.

تظهر السوائل فائقة السيولة خصائص غريبة، فبالإضافة إلى حالة صفر اللزوجة (أي إلغاء كافة أشكال اللزوجة) فهي تظهر أيضاً حالة صفر إنتروبيا entropy (العشوائية) ولديها قدرة لا نهائية على توصيل درجة الحرارة، وأن السائل فائق السيولة يشكل أيضاً ما يسمى "Rollin film" والذي يصعد جانب السائل من حاويته ليسكب من فوق الحافة. والأغرب من كل ذلك، أن السائل الفائق يشكل في أشكال حاويات "لدوامات كمية"؛ حيث أن السائل يكون مسموح له فقط أن يقوم بعملية العزم المغزلي بسرعات كمية محددة. وبينما العبوة تدور مغزلياً تدريجياً بسرعة، فإن السائل الفائق على نحو متقطع يقوم بالصعود بمعدلات الدوران المسموح به.

التوصيلية الكهربية الفائقة:

المواد فائقة التوصيلية الكهربية تكون مواد عندما يتم تبريدها بقدر كافي يفترض أنها تكون في حالة المقاومة الكهربية الصفرية. وقد تم ملاحظة التوصيلية الكهربية الفائقة بواسطة العالم الفيزيائي الهولندي هيك كامرلينف أونس 1911. ولكن لم تظهر نظرية مرضية لتوضيح كيف يحدث ذلك حتى نهايات عقد الخمسينات من القرن العشرين. فإن التبريد قد عرف منذ وقت طويل إنه يقوم بتحسين التوصيلية الكهربية. ففي الموصل العادي، الإلكترونات المشحونة بشحنات سالبة تحمل تيار كهربي خلال المادة. والحرارة تعمل على جعل شبكة الذرات في حالة تذبذب، ويسبب تصادم الإلكترونات والذي يسبب إعاقة حركتها. وهكذا فإن التبريد يخفض المقاومة عن طريق تخفيض التذبذبات. ولكن في الموصل الفائق التوصيل الكهربي فإن المقاومة تفنى كلياً. وهنا الإلكترونات التي تبرد للمستوى الكافي تغلق على نحو كفء ما يسمى "زوج النحاس" والذي ينزلق بحرية خلال الشبكة. وبالإجمال، فإن ذلك يعمل عن طريق جذب كل شحنة سالبة لذرات موجبة، والذي يشوه الشبكة ويبتكر تركيز للشحنات الموجبة والتي سوف ينجذب لها الإلكترون التالي، وهكذا تستمر الحركة.



الموصلات فائقة التوصيل الكهربي تستخدم الآن في إنشاء مولدات فائقة الكفاءة، ووحدات تعجيل الجسيمات وماكينات التصوير الطبية. ولكن كل هذه الأجهزة تتطلب تبريد، والبحث الآن يدور حول تطوير الموصلات فائقة القدرة التي يمكن أن تعمل في درجة حرارة الغرفة.

فيزياء الجسيم

معادلة ديراك:

وفرت معادلة شرودنجر وصفًا جيدًا للجسيمات الكمية التي تتحرك ببطء. ولكنها لم تكن جيدة بالنسبة للجسيمات التي تتحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء، والتي أظهر آينشتاين أنها تطلبت نظرية النسبية الخاصة التي قدمها. في 1927، عالم الفيزياء البريطاني پول ديراك قدم نسخة من معادلة شرودنجر، والتي تجسد النسبية لوصف الإلكترون المشحون عالي السرعة. والتي عرفت باسم معادلة ديراك.

تظهر المعادلة بسيطة على نحو مخادع ويمكن حلها بدقة للإلكترونات في ذرة الهيدروچين، ولكن حلها للحالات الأخرى يتطلب تقنيات تقريبية أو أجهزة كمبيوتر.

إن معادلة ديراك كانت البشارة بنقطة البداية في مرحلة جديدة من فيزياء الكم. ليس فقط أنها تنبأت بوجود متضادات المادة، ولكن- بينما تجسد الوصف الخاص بكل من الإلكترون والمجال الكهرومغناطيسي- فهي قدمت النظرية الأولى للمجال الكمي.

متضادات المادة

عندما درس العلماء للمرة الأولى معادلة ديراك بالتفصيل، وجدوا أنها لا تصف فقط

سلوك الإلكترونات. فإن هناك اثنين من الحلول تنشأ عن رياضيات المعادلة - الحل الأول يصف الإلكترون والثاني يصف جسيمًا مطابق له ولكن بشحنة كهربية معاكسة. الإلكترونات تحمل شحنة سالبة، وهكذا فالجسيم الجديد يحمل شحنة موجبة - ولأجل هذا السبب، تم تسميته البوزترون.

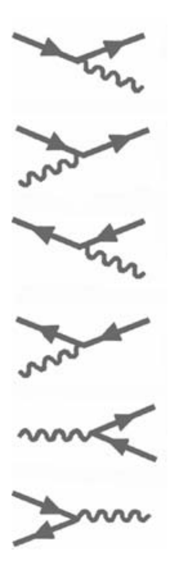
علماء الفيزياء التجريبيين قد وجدوا البوزترون الأول في 1932، فقط بعد أربعة سنوات من نشر معادلة ديراك. والبوزترون معروف الآن على إنه المثال الأول للمادة المضادة. فإن جسيم ضد المادة يكون له نفس الكتلة ولكن له شحنة معاكسة لقرينه من المادة. وعندما يتقابل الجسيم وقرينه يتقابلان ينتج ذلك الإفناء لكل منهما، فتتحول كتلتهما معاً إلى ضوء إشعاع كهرومغناطيسي، معطيا الطاقة التي تحددها معادلة آينشتاين: E= mac2

نظرية المجال الكمي:

إن القوة الكهرومغناطيسية التي تم وصفها في معادلة ماكسويل، أصبحت إحدى القوى الأربعة الرئيسة في الطبيعة والتي تعمل في الكون الذي نعيش فيه. وهي تظهر "التحرك عن بعد" - فالإلكترونات "وأي جسم مشحون آخر" يمكنه أن يشعر بشحنة أي إلكترون أو جسيم قريب منه. هذا التفاعل الكهرومغناطيسي يكون متوسط بواسطة فوتونات الإشعاع الضوئي. وأن الفوتونات تكون الوحدة الكمية للمجال المغناطيسي. والفيزياء التي تصفهم تدعى نظرية المجال الكمية (QFT).

وبدأت نظرية المجال الكمية QFT في 1927 بمعادلة ديراك، بأخذ قيمة المجال حول إلكترون منفرد. وقد تم تطوير النظرية في عقد الأربعينات من القرن العشرين بواسطة فيزيائيين، منهم ريتشارد فينمان وتم التنقيح لإنتاج ما يدعى الآن الكهربية الديناميكية الكمية، وأن نظرية المجال الكمي توفر وصفًا كاملاً للتفاعل بين المادة والإشعاع الكهرومغناطيسي. ولاحقاً، فإن التحدي كان لبناء وصفات كمية للمجالات الأخرى في الطبيعة مثل الجاذبية وتفاعلات القوى القوية والضعيفة.

رسومات ڤـينمان



ليس هناك شك أن نظرية المجال الكمية تكون معقدة على نحو مفرط، والحصول على حلول دقيقة للمعادلات الرياضية المطروحة هنا ليس أمر ممكن دائماً. وفي هذه الحالة، يلجأ علماء الفيزياء إلى تقنيات التقريب من أجل الحصول على نتائج رقمية مفيدة. وأن رسومات ڤينمان والتي يتم تسميتها تبعاً لمبتكرها، الفيزيائي الحاصل على جائزة نوبل ريتشارد ڤينمان - كانت واحدة من هذه الطرق. ويقدم كل رسم تفاعل محدد للجسيمات. ولقد توصل ڤينمان إلى قواعد لتحويل شكل الرسم إلى رياضية بسيطة نسبياً والتي تصف العملية كما تظهر. مقدماً الحسابات الكمية ومن ثم تم استخدام رسومات ڤينمان لكافة التفاعلات المعنية، محولاً هذه التفاعلات إلى مصطلحات رياضية ومقدما الصياغة الكاملة لها.

القيام بإعادة التطبيع

حتى باستخدام رسومات ڤينمان لا يمكن دائماً جعل رياضيات نظرية المجال الكمي ممكنة الوصول. أحياناً الأرقام التي تنتج من الحسابات تكون غير واضحة - متنبئة بان قيم العالم الحقيقي من الكميات الفيزيائية ترتفع لتصبح لانهائية. وأن هذه الكوارث الرياضية تعرف باسم "الاختلافات والإنحرافات".

إعادة التطبيع تكون المخطط الرياضي للتخلص من قيم الإنحرافات غير المطلوبة.

عندما تم استخدام ذلك للمرة الأولى، في الدنياميكا الكهربية الكمية، رد الفعل لها كان مختلط، حيث العديد من الفيزيائيين اعتبروا ذلك مكافئ لكيفية وضع جسم مربع داخل ثقب دائري بمساعدة شاكوش ضخم. وأن ريتشارد ڤينمان الحاصل على جائزة نوبل سمى ذلك "عملية الإقحام" و"hocus pocus". ومع ذلك، فالحقيقة البسيطة هي أنها تعطي الإجابات الصحيحة. ولاحقاً النظريين أصبحوا يرتبطون بعملية إعادة التطبيع.

فهم وجدوا أنها يمكن تفسيرها على مستوى الفيزياء، كظاهرة جديدة والتي تسبب لمعايير النظرية إنه تتهرب - لتكون متغيرة مع طاقة الجسيم محل الدراسة.

القوة الضعيفة:

إن القوة الضعيفة تكون واحدة من أثنين من التفاعلات الرئيسة للطبيعة والتي تعمل بين الجسيمات داخل انويه الذرات، وهي تسمى بهذا الاسم لأنها أضعف 100 بليون مرة من القوة الكهرومغناطيسية التي تصفها معادلات مكسويل والديناميكا الكهربية الكمية. حيث أن الكهرومغناطيسية تكون متوسطة بفوتونات المجال الكهرومغناطيسي، وأن حاملات القوة الضعيفة تكون معروفة ببساطة على أنها W & Z. كلاهما جسيمات ضخمة، ذات عزم مغزلي -1. وأن الجسيمات W تحمل نفس الشحنة مثل الإلكترون - ولكن أما تكون موجبة أو سالبة. أما الجسيمات Z فهي جسيمات غير مشحونة. كل من W & Z قد تم اكتشافهما تجريبياً في معجِّلات الجسيمات.

القوة الضعيفة تكون مسئولة عن الاضمحلال الإشعاعي لنواة الذرة وهي توصف على المستوى الكمي بنظرية الكهربية الضعيفة electroweak الموحدة، والتي تم صياغتها في عقد الستينات من القرن العشرين. وهي تكون ذات مدى قصير على نحو مفرط - ولا توجد خارج نواة الذرة. ومن أجل هذا السبب، فإن القوة الضعيفة تكون ظاهرة كمية خالصة، وهي غير مشابهة للكهرومغناطيسية، فهي ليست مشابهة للنظريات النظيرة الكلاسيكية أو تلك الخاصة بالمقياس الكبير.

الكوارك:

البروتونات والنيترونات أي الجسيمات التي تكون منها نواة الذرة، تكون هي نفسها مكونة من وحدات أصغر، والتي تسمى كوارك. والكوارك يظهر في ثلاثة "صور" والتي تسمى بالحروف u, d & s. والتي تتحرك لأعلى ولأسفل بشكل غريب..

البروتون والنيترون كل منهما مكون من ثلاثة من هذه الكوارك - البروتونات تكون مكونة من 2 كوارك U و1 كوارك d، والنيترون يكون مكون من 2 كوارك d و1 كوارك s

بالاضافة إلى u, d & s تكون هناك ثلاث صور إضافية للكوارك وهي c, t & b - والتي تعبر عن " السحر charm" و"أعلى" و"أسفل".

الكوارك تكون فيرمونات، والتي لها عزم مغزلي 2/1 وتكون الشحنة الكهربية مساوية للعدد الكلي مضروب في e/3. صور الكوارك الستة يمكن لأي صورة منها أن تتحول للصورة الأخرى بواسطة القوة الضعيفة والجميع تم اكتشافهم على المستوى التجريبي.

نموذج الكوارك قد تم وضعه على نحو مستقل في 1964 بواسطة موري چيل-مان وچورج زويج. وقد صاغ موري چيل- مان الاسم من اقتباس من قصة چيمس چويس "ثلاثة كواركس للعلامة الرئيسة"

القوة القوية:

القوة القوية تم تسميتها هكذا بسبب أنها تكون 100 مرة أقوى من القوة الكهرومغناطيسية - وهي التي تربط الكواركس معاً لإنتاج البروتونات أو النيترونات، وبدورها هذه العناصر ترتبط لتكون الذرة، وهي تكون متوسطة بمجال الكم للجسيمات عديمة الكتلة ذات العزم المغزلي -1 والتي تسمى جالونس gluons، وتحكم نظرية مجال الكم سلوكها والتي تكون معروفة بالدناميكا اللونية الكمية (QCD).

وأن بادئة الكلمة "لوني" تأتي من حقيقة أن الكوارك تملك شحنتها الخاصة والتي تسمى ألوان. وهي بشكل ما مشابهة للشحنة الكهربية، ولكن بصورة أكثر تعقيداً حيث أنها تأتي في ثلاث أنواع الأحمر والأخضر والأزرق - واي منها يمكن أن يكون إيجابي أو سلبي (على سبيل المثال، هناك لون أحمر وهناك ضد الأحمر). أن لون QCD ليس له علاقة باللون في العالم الحقيقي- إنه مجرد اسم اعتباطي لتحديد مبدأ الكوارك. كما في القوة الضعيفة، التفاعل القوي يحدث فقط في مدى قصير للغاية، مدى لمقياس كمي، وذلك يعني أن لا شبه له في القياس الكلاسيكي.

عائلات الجسيمات:

إن فيزياء الجسيم تعمل على تجميع الجسيمات معاً طبقاً لخصائصها، والعديد من المجموعات

أو الجسيمات غير الذرية توجد. الفيرمونات والبوسونات ومجموعات الجسيمات طبقاً للعزم المغزلي الكمي، توفر جميعاً مثال لذلك. جسيمات Hadrons & leptons تكون مختلفة: فإن هادرونس Hadrons استنتج تكون جسيمات تشعر بالقوة القوية، أما جسيمات ليبتونس leptons فهي تشعر بكل أنواع القوى فيما عدا القوى القوية. وتشمل جسيمات ليبتونس الإلكترونات مع المونس والتونس.

باريونس أيضاً تكون مجموعة فرعية وهي جسيمات تحتوي ثلاثة كوراك. وتشمل هذه العائلة البروتونات والنيترونات - وهي تشكل مجموعة لما يمكننا أن نسميه " المادة العادية" في الكون. وهناك مجموعة أخرى من الجسيمات غير الذرية وهي الميسون mesons، والتي تتكون من اثنين من الكوارك - والتي هي زوج من الكوارك وهي تشمل الكيونس والبيونس. بعض الفيزيائيين التجريبيين يدعون أن لديهم إثباتات لعائلات جسيمات جديدة، وهم يطلقون عليها "تتراكوارك" و"بنيتاكوارك"، وكل عنصر هو مجموعة من أربعة أو خمسة كواركس على الترتيب.

النيترونات:

النيترونات هي أعضاء من جسيمات عائلة الليبتون، وهم ذو شحنة صفرية وذو كتلة مهملة وعزم مغزلي كمي 2/1 والذي يجعلهم من جسيمات الفيرمونات. وأن فولفجانج باولي أول من أشار لوجودهم في 1930 لتلبية قوانين البقاء المتنوعة في الاضمحلال الإشعاعي. وأول نيوترينو قد تم اكتشافه في 1956.

والنيترينونات تكون جسيمات معروف إنه من الصعب ملاحظتها بسبب أنها لا تتداخل مع أشكال المادة الأخرى. وبالحقيقة، فإن بلايين منها تمر في جسدك من الفضاء كل ثانية بينما أنت تقرأ ذلك. وأن آلات الكشف الحديثة عن النيترينو تكون خزانات ضخمة للماء، ومن العديد من بلايين النيترينو التي تمر من خلال الماء أحياناً بعض أي منها يصطدم بجزء الماء، ويبعث شعاع يمكن قياسه، والذي يطلق عليه "إشعاع سيرنكووڤ".

وأن النجوم تصدر نيترينو قبل أن تقوم بعمل ظاهرة السوبرنوفا، وأن اكتشاف هذا السيل من النيترينوات يكون مهم للفلكيين، ليحولوا تلسكوباتهم إلى مصدر هذا السيل. النيترينو

تظهر أيضاً أنها تأتي من الشمس يومياً، كمنتجات جانبية للتفاعلات النووية التي تزود الشمس بالطاقة. وأن دراسات نيترينو الشمسي تكشف أن هذه الجسيمات تأتي من ثلاثة مصادر وهي تكون الإلكترون وجسيم mu وجسيم tau والتي أعضاء من عائلة Lepton تقوم بانبعاثها. وأن هذه الأنواع يمكنها أن "تتذبذب" - وتتحول فوراً من حالة لأخرى.

النموذج القياسي:

إن النموذج القياسي هو النظرية العامة المعنية بفيزياء تكوين الجسيم من المكونات غير الذرية من جانب علماء الفيزياء الذين يعملون معاً الآن من خلال ما يعرفون عن حالات الوصف من نظرية المجال الكمي للقوى الأربعة في الطبيعة، والتصنيفات الموجودة الخاصة بعائلات الجسيم.

على نحو واضح فإن، النموذج القياسي يقسم الجسيمات إلى ثلاثة مجموعات رئيسة - ستة من Leptons وهي Electrons - muons - tauons ، وأيضاً يمكن إضافة نيوترينو لكل منها لتعطي ثلاثة آخرين.

وهناك ستة من Hadrons أي الكوارك - وهي 12 جسيم يكون لها جميعاً عـزم مغـزلي 2/1 ولـذلك فهـي جميعاً من الفيرميونات fermions؛ وفي النهاية يكون هناك أربعة جسيمات والتي تسبب وتنشر التفاعلات بـين hardons وleptons- وهـي الفوتونـات الكهرومغناطيـسية، وكـذلك جـسيمات W & Z للقـوى الـضعيفة وgluons التي تتوسط القوة القويـة (وهـي جميعهـا لهـا عـزم مغـزلي كمـي 1، ولـذلك فهـي البوسـون Bosons).

بوسون هيجس:

إن ميكانيكية البوسون المقترحة في 1964 بواسـطة الفيزيـائي بيـتر هـيجس، توضـح لمـاذا الجـسيمات في الكون يكون لها كتلة، كجزء جوهري من النموذج القياسي، والتي لم يـتم اكتـشافها تجريبيـاً حتـى الآن. وقد اقترح هيجس أن مجال الجسيمات، والمعروفة باسم "بوسونات هـيجس" تتخلـل كـل مكـان وكـل شيء. وهي بوصفها جسيمات لا كتلة لها تسافر عـبر الفـراغ والـذي يـسبب التـشويه للمجـال، مـسببة لجسيمات هيجس أن تتراكم حول بعضها، وهكذا فهي تصبح ضخمة بنفـسها. وأن الجـسيمات تجـذب بوسونات هيجس بأعداد مختلفة، والذي يوضح لماذا الجـسيمات المختلفـة يكـون لهـا كتـل مختلفـة - وبالحقيقة، لماذا بعض من الجسيمات تظل بلا كتلة. وتلعب ميكانيكية هيجس دورًا رئيـسيًا في نظريـة الكهربية الضعيفة electrowork الخاصة بالقوة الضعيفة. وأن جسيمات W &Z في هـذه النظريـة تكـون ضـخمة، ويمكـن تفـسير ذلـك فقـط بمـساعدة جـسيمات هـيجس. والـسباق الآن يكـون في معجـلات الجسيمات من أجل القيام باكتشاف بوسونات هيجس على المستوى التجريبي.

معجل الجسيم:

إن قدرًا كبيرًا من العمل التجريبي في فيزياء الجسيم يتم باستخدام ماكينات ضـخمة تـسمى معجـلات الجسيمات، والتي تتكون من أنفاق داخلية دائرية، والتي حولها يوجد "أشعة beams" مـن الجـسيمات ما غير الذرية المنطلقة - والتي مداراتها تدور في دائرة بواسطة مغنطيسات ضخمة.

من خلال التحكم بحرص في درجة المغناطيسية، فإن اثنين من الأشعة يمكن أن يتم تعجيلهما ليصلا إلى سرعة قريبة من سرعة الضوء ثم تتصادم معاً.

الفكرة هي إنه بتحطيم الجسيمات بعضها بعضاً يمكن أن تتكسر لتظهر العناصر الداخلية الفعالة (طاقتها الداخلية). ومن خلال دراسة هذه الشظايا الناشئة من التصادم يمكن للعلماء أن يستكشفوا جسيمات جديدة للمادة. ذلك يوضح الكيفية التي يستخدم بها الباحثون وحدة التصادم الكبيرة Large Hadron Collider (LHC) - معجل الجسيم الأكبر في العالم والأكثر قوة - ويكون الأمل هو الحصول على لمحة طائرة من بوسونات هيجس المراوغة. وأن LHC يتم تقديرها في المعمل CERN الأوربي لفيزياء الجسيم، والذي يقع على الحدود السويسرية الفرنسية. ويكون محيطه 27 كم.

جاذبية الكم:

إن هناك بالطبع، قوة أخيرة نهائية في وصف التفاعلات الرئيسة الأربعة في الطبيعة وهي: الجاذبية، فإن نظرية النسبية العامة لألبرت آينشتاين توفر وصفًا ممتازًا للجاذبية على المستوى الكبير، أو العالم الكلاسيكي، ولكن محاولة تكوين نظرية للجاذبية تكون متسقة مع مبادئ نظرية الكم تواجه صعوبة كبيرة.

حيث أن القوة الكهرومغناطيسية تكون متوسطة بالفوتون الضعيف، فإن تفاعل الجاذبية يتطلب جسيمًا حاملاً أكثر تعقيداً، وهذا الجسيم يسمى الجرفيتون، وتم التنبؤ به إنه يكون بلا كتلة، له عزم مغزلي كمي 2. وأن نظريات مجال الكم تصف أن تفاعل جسيمات العزم المغزلي 2 يمكن أن تتكون، ولكن لتوجد فجأة داخلها والتي لا يمكن أن يتم إزالتها بالطرق العادية.

وتعرض نظرية الوتر ونظرية M خطوطًا واعدة للبحث التي يمكنها أن تقود لنظرية عاملة لجاذبية الكم. كما تفعل فكرة "جاذبية الكم الدائرية - الحلقية"، والتي تفترض أن الحيز المنحني للنسبية العامة يكون منحنى كميًا في داخل شبكة من الحلقات والروابط.

إشعاع هوكينج:

في 1974، جادل الفيزيائي هوكينج من جامعة كامبردج بأن الثقوب السوداء ربما لا تكون سوداء على الإطلاق. وأظهر الكيفية التي بها يتم حساب التأثيرات الكمية في الفيزياء لهذه العناصر الشرهة الاستهلاك للمادة والتي قد تسمح لها بالرجوع مرة أخرى. وفي السعي لنظرية جاذبية كمية كاملة، بنى هوكينج نظرية المجال الكمي للجسيمات على الفراغ المنحني الموصوف من نظرية النسبية العامة - كتقريب لما يسمى "نظرية الجاذبية شبه الكلاسيكية". وعندما عمل ذلك فقط للمكان على السطح الخارجي للثقب الأسود - الأفق- وجد شيء ما مهم جداً.

مثل أي مكان آخر، فإن زوجًا من الجسيمات الفعلية تم ابتكارها هنا، ولكن هوكينج قد حسب جسيمًا واحدًا من الزوج قد تم سحبه إلى داخل الأفق بقوة جاذبية الثقب الأسود، بينما الآخر هرب بعيداً، فالجسيم الذي سقط في الداخل يكون له طاقة سالبة بالنسبة لذلك الذي هرب، وأن تأثير الشبكة يكون إشعاعًا مستمرًا للجسيمات بينما كتلة الثقب الأسود تضعف مع الزمن- كما لو كان الثقب يتبخر. وهذه العملية أصبحت معروفة باسم إشعاع هوكينج.

الفيزياء النووية

نواة الذرة:

إن النواة تكون الجزء المركزي من الذرة، والتي جسيمات البروتون والنيترون تكمن فيها. وقد ظهر وجود النواة على المستوى التجريبي في 1909 عندما قام العالم الفيزيائي ارنست رازرفورد ورفاقه بتوجيه جسيمات ألفا الموجبة (والناتجة بواسطة الاضمحلال الإشعاعي) إلى شريحة رقاقة رفيعة ذهب، أغلب الجسيمات قد مرت في خط مستقيم، ولكن عدد قليل جداً انحرف بزاوية كبيرة. وقد فسر رازرفورد ذلك أن أشعة ألفا قد كانت تمر بجوار تركيزات صغيرة جداً للشحنة الكهربية داخل الذرات- النواة. وأن ذلك يعني أن أنوية الذرات ينبغي أن تكون صغيرة جداً بالمقارنة مع بقية الذرة. وبالحقيقة، إذا ما كان تمثيل

حجم الذرة بإستاد كرة القدم فإن الأنوية سوف يتم قياسها بحجم البازلاء. وأن علماء الفيزياء النووية قد درسوا كيف يتم استخدام طريق الطاقة المغلق في النواة الذرية - لكل من الخير والشر.

نموذج الغلاف النووي:

إن البناء الداخلي لنواة الذرة يكون محكومًا بما نعرفه باسم نموذج غلاف النواة. ومثل نظرية مستويات الطاقة للإلكترونات، فإن ذلك يتنبأ بان هذه الجسيمات في النواة - التي تسمى - نيوكلونات- تسكن داخل مستويات الطاقة الخاصة به والتي تملأ نحو تدريجي بينما عدد النيكلونات يزداد.

مثل مستويات الإلكترون، فإن عدد النيكلونات التي تسكن كل غلاف تكون خاضعة للتتابع: 2 -6 -12- 8- 22- 32. ولكن بينما مستويات الطاقة الذرية تحتوي فقط الكترونات، فإن مستويات الطاقة النووية تحتوي بروتونات ونيترونات، وكل منها يكون له المستويات الخاصة به. وهذا التتابع يقود لما يسمى أحياناً "الأرقام السحرية" للأنوية الذرية - فإن إجمالي عدد النيكلونات التي تملأ النواة، يكون العدد نفسه الذي يملأ أغلفتها تماماً. وهم يتبعون التتابع: 2-8-20-28-50-82. وأن النواة تحتوي على عدد سحري من النيترونات أو البروتونات والتي تتفاعل لتكون مستقرة على نحو خاص ضد الاضمحلال الإشعاعي. وأن نموذج محارة النواة يتنبأ بدقة عن الخصائص الأخرى مثل العزم المغزلي الكمي الكلي للأنوية الذرية.

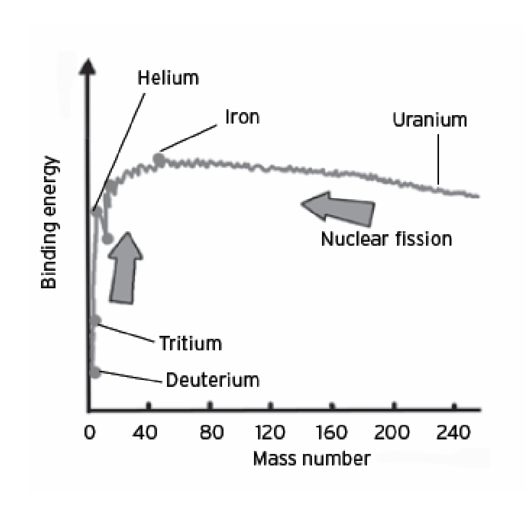
التفاعلات النووية :

عندما تقترب أثنين أو أكثر من الأنوية الذرية لبعضها - أو نواة واحدة يتم إطلاق جسيمات أو فوتونات عليها - فإن تفاعلاً نوويًا يمكن أن يحدث، وعلى نحو محدد فإن التفاعل يقال إنه حدث عندما تكون الأنوية التي تنتج مختلفة عن تلك التي دخلت التفاعل بالفعل. ذلك بسبب أن التفاعلات النووية يكون لها قدرة على تحويل عنصر كيميائي معين لعنصر آخر. وأن النوع الكيميائي للنواة يتم قياسه عن طريق العدد الذري أو

العدد المكافئ من البروتونات التي تحويها النواة، وعلى سبيل المثال، فإن النيتروچين يكون به سبعة بروتونات؛ بينما الكربون يكون به ستة. وأن تفاعل النواة البسيط ربما يتطور لإطلاق نيترون على نواة نيتروچين، وأن النيترون يتم امتصاصه والبروتون يتم إطلاقه- وبذلك فإن النيتروچين يتم تحويله إلى كربون.

وأن بعض التفاعلات النووية تنتج طاقة، بينما بعضها الآخر يمتص الطاقة. وأن كمية الطاقة المتحررة أو الممتصة تحدد بمعادلة آينشتاين E= mc2، حيث m هي الفرق بين الكتلة التي دخلت التفاعل والكتلة التي نتجت منه.

طاقة الربط النووية



طاقة الربط لنواة الذرة تكون الطاقة المطلوبة للتغلب على القوة القوية وتفتيتها إلى الجسيمات الرئيسة. وربما تتوقع أن الطاقة الرابطة تكون لكل نيكليون - وبذلك فإن إجمالي طاقة الربط للنواة تقسم على عدد الجسيمات التي تحتويها النواة- لتكون ثابتة تقريباً مع كافة العناصر، ولكن ذلك ليس صحيحاً، فهي صغيرة للعناصر الخفيفة، وترتفع للقمة من العنصر الحديد الكيمائي ثم تبدأ في الانخفاض من جديد.

إن أي تفاعل نووي يزيد طاقة الربط لكل نيكليون سوف يحرر طاقة. ومن خلال التفكير بهذه الطريقة، فإن طاقة الربط تكون الطاقة التي ينبغي التغلب عليها من أجل تقسيم النواة. وبناء على ذلك، فإن تجميع النواة يتطلب عكس ذلك- أي زيادة خالصة في طاقة الربط التي تم تحريرها، وأن هذا الأساس المنطقي يكون أساس الانشطار والاندماج النووي. فإن تكسير النواة الكبيرة الضخمة أو دمج الأنوية الصغيرة معاً تكون عمليات تنتج الطاقة- وفي الواقع تنتج الكثير من الطاقة والتي يمكن استخدامها.

الاندماج والانشطار

إن بعض التفاعلات النووية تنتج كميات ضخمة من الطاقة - تلك التـي تعـرف بالانـشطار والانـدماج. وفي تفاعلات الانشطار، يتم تقسيم نواة كبيرة الـوزن إلى اثنتـين مـن أنويـة أصـغر والتـي تنـتج تحريـر للطاقة، بينما الانـدماج عـلى الجانـب الآخـر، يـشمل ربـط أنويـة صـغيرة معـاً. وأن الأنويـة المـشحونة بشحنات موجبة ينبغي أن تتغلـب عـلى قـوى الطـرد الكهرومغناطيـسية بـين بعـضها الـبعض (نتيجـة البروتونات التي بها)، وهكذا فإن القوة القوية ذات المدى القصير يمكن أن تربطها معـاً. وأن ذلـك يـتم عن طريق تسخين الأنوية لدرجات حرارة عالية- وبذلك فإن طاقة التصادم، اعتماداً على طاقة الحركـة، تكون عالية على نحو مفرط، وأن الاعتماد على درجـة الحـرارة هـو الـسبب الـذي مـن أجلـه الانـدماج يسمى أحياناً "التفاعل النووي الحراري".

بالإضافة إلى ذلك، فإن ظاهرة تسمى نفق ميكانيكا الكم " quantum tunneling" والتي تقوم بدور مهـم هنا، حيث يعطي مبدأ عدم التأكد كل نواة متصادمة طاقـة أعـلى مـن التـي لهـا بالفعـل. وأن الطاقـة المحررة من التفاعلات النووية تكون نمطياً ملايـين أضـعاف الطاقـة المتاحـة مـن الوقـود الكـيمائي مثـل البترول.

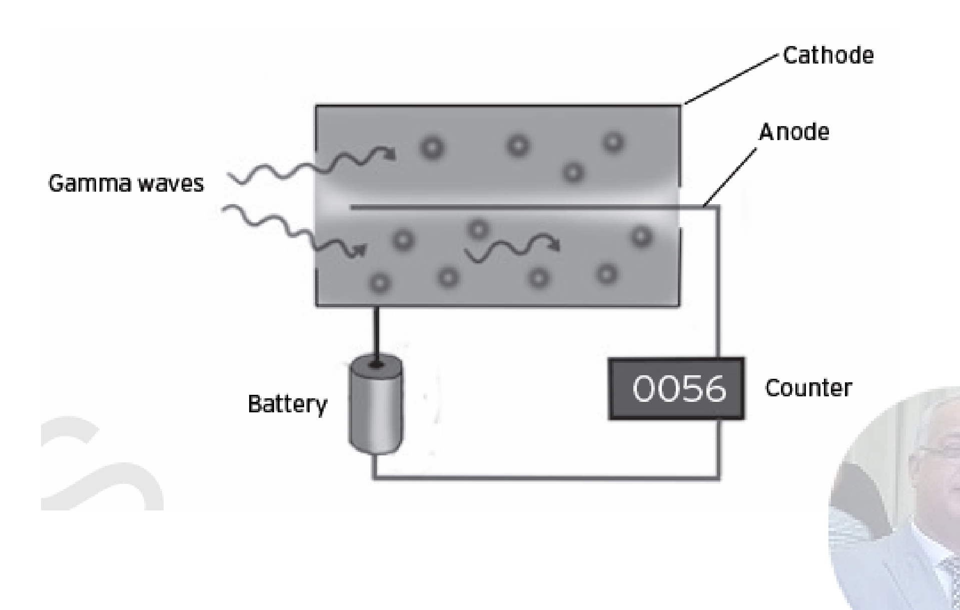
تفاعلات السلسلة

إن المفاعلات النووية والأسلحة الذرية تعتمد على حقيقة إنه بمجرد وقوع تفاعل نووي واحـد أو أثنـين من انشطار أو اندماج نووي، فإن العملية تصبح مدفوعة ذاتياً- وهذا هـو تفاعـل الـسلـسلة. وإذا بـدأ الانشطار النووي عن طريق قذف أنوية عناصر ثقيلة مثل اليورانيوم أو بالوتنيوم بجـسيمات النيـترون، فإن امتصاص نيترون يجعل النواة الثقيلة غير مستقرة، ويشطرها إلى أجزاء محـرراً طاقـة. وأيـضاً تحـرر الطاقة ينتج نيترونات والتي تقوم بإعادة العملية مع أنوية ثقيلة أخـرى - وهـذا هـو تفاعـل الـسلـسة. وعلى نحو غير محكم، فإن الاندماج يمكن اعتباره تفاعل سلسلة، وإذا ما وقع فإن درجة الحرارة ترتفـع على نحو كفء لتدفع نواة أو اثنتين للاندماج، وأن الطاقة المحررة تظـل حافظـة لدرجـة حـرارة كافيـة لاستمرار العملية.

الاضمحلال الإشعاعي

بعض أنوية الذرات تجتاز تفاعلات دون الاحتياج لقذف من أنوية أخرى أو جسيمات غير الذرية، هذه الأنوية تبعث تلقائياً الجسيمات في عملية تسمى الاضمحلال الإشعاعي. والجسيمات المنبعثة تكون معروفة باسم "الاشعاع النووي"، وهي تكون في ثلاث صور متغيرة. "جسيمات الفا" والتي تكون على نحو جوهري هي نفسها نواة عنصر الهيليوم - وهي تتكون من اثنين من البروتونات واثنين من النيترونات. و"جسيمات بيتا" والتي تكون إلكترونات عالية السرعة. وأنوية ذرية ليس بها الكترونات لتتنافر، ولكن هذه الجسيمات يمكن أن تظل تنتج عندما تحول النواة واحدًا من النيترونات بها إلى بروتون، بإضافة إلكترون إليه وإضافة نيوترينو، وهي عملية تتم بواسطة القوة الضعيفة.

على نحو خاص فإن الأنوية السريعة التقلب يمكنها أن تنتج نوع ثالث من الإشعاعات النووية وهي "أشعة جاما" وهي فوتونات إلكترومغناطيسية عالية الطاقة، والتي يمكن أن تظهر كمنتج جانبي في انبعاث إشعاعات ألفا وبيتا. وهي يمكن أن يتم انبعاثها إذا زادت الجسيمات في الأنوية قد تم زيادتها لمستويات (أغلفة) أعلى، طبقاً لنموذج الغلاف النووي، ومن ثم تنخفض مرة أخرى - باعثة لفوتون يتحرك مشابهًا جداً لإلكترون ذي مستويات طاقة متغيرة. وأن درجة النشاط الإشعاعي للنواة المعروف باسم "نصف العمر" - وهو الفترة التي فيها نصف النواة يضمحل بالإشعاع.



أنبوبة Geiger

إن الاضمحلال الإشعاعي - أو الإشعاع الناتج- يمكن أن يتم اكتشافه باستخدام جهاز يسمى أنبوبة Geiger، وهي تتكون من أنبوبة محمولة محتوية على غاز، والذي يكون موصلاً للكهرباء عندما تمر جسيمات الإشعاع من خلاله. وأن الأنبوبة بها مسامير معدنية مركزية والتي يكون بها جهد كهربي مرتفع بالنسبة للغطاء المعدني الخارجي. وأن جسيمات الإشعاع تمرر مع مسارات إلكترون في ذرة الغاز لتجعل الذرة بهذا الشكل مشحونة كهربياً، ومن ثم يعجل الجهد الكهربي المرتفع الذرة المشحونة، والذي يسبب تصادمًا مع مزيد من ذرات الغاز. الإلكترونات تضرب بقوة المسارات في هذه الذرات بسبب التصادم، والذي يجعلها مشحونة ويقود إلى تأثير "مندفع" والذي يظهر مع نبضة تدفق الكهربي عبر الغاز - وأن النبضة الكهربية يمكن تسجيلها على العداد الكهربي للأنبوبة - أو إرسالها إلى مكبر الصوت ليعطي "نقرة" مسموعة.

توحيد النظريات

نظرية كالوزا-كلين

إن النسبية العامة لآينشتاين جمعت المكان والزمان معاً قي وحدة واحدة رباعية الأبعاد والتي تعرف باسم "الزمكان". وأن النقطة الجوهرية في نظريته قد كانت أن منحنى الزمان والمكان يمكن أن يفسر قوة الجاذبية. وفي عقد العشرينات من القرن العشرين، الرياضيين ثيؤدر كالوزا وأوكار كلين أضافا معادلات ماكسويل الخاصة بالكهرومغناطيسية إلى هذا الخليط، مفترضين وجود بعد خامس وهم استخدموا المنحنى الناتج من "الزمكان" خماسي الأبعاد لتكوين نظرية موحدة تصف كل من قوى الجاذبية والقوى الكهرومغناطيسية. وهم جادلوا بأننا لا نرى البعد الإضافي، لأنه يكون مدمجًا بشكل لولبي مما يجعله غائبًا عن الرؤية.

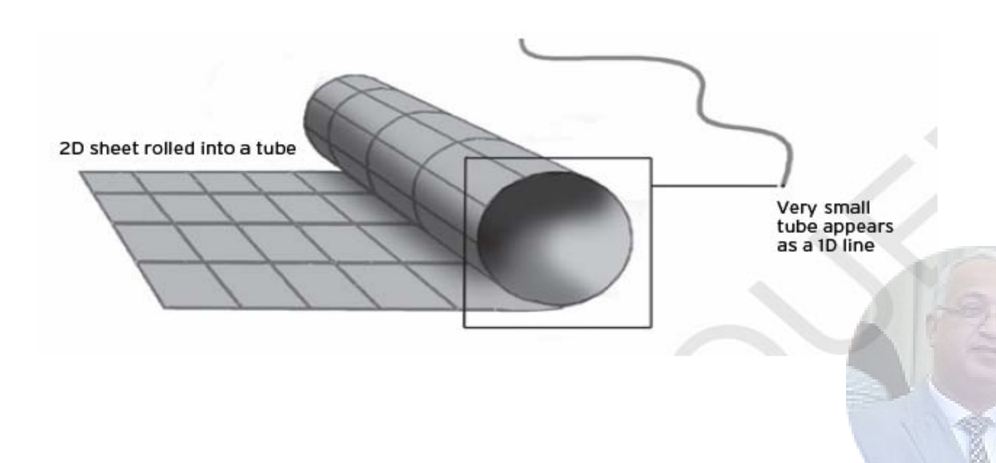
من أجل أن تعمل هذه النظرية، قام كالوزا وكلين أيضاً بتقديم مجال جديد للجسيمات والذي يسود الفراغ في المعادلات التي قدموها. بالعودة لعقد العشرينات من القرن

العشرين، فإن الفيزيائيين لم يكونوا يعتقدوا أن مجالات كهذه للجسيمات توجد حقاً. واليوم، مع ذلـك، فإن جسيمات جديدة يتم التنبؤ بها على نحو روتيني- وفي بعـض الحـالات يـتم اكتـشافها تجريبـاً. وأن نموذج كالوزا وكلين يعترف به على إنه صاغ القاعدة للأفكار الحديثـة في عمليـة توحيـد قـوى الطبيعـة، مثل نظرية الوتر ونظرية -M.

الأبعاد الإضافية

إننا جميعاً نكون معتادين أن العالم يكون حيزًا ثلاثي الأبعاد يضاف إليه بعد رابـع، وهـو الـزمن، ولكـن بعض النظريات الفيزيائية تقترح المزيد من هـذه الأبعـاد - حيـث يوجـد أبعـاد إضـافية مختفيـة عـن الرؤية. وأن الأبعاد الإضافية تنتج في النظريات التي تسعى لتوحيد قوى الطبيعة. والأكثر شـيوعاً وجـود أبعاد إضافية للحيز المكاني، رغم أن نظرية M قد أشارت إلى وجود أبعاد إضافية للزمن أيضاً.

إن السبب في أننا لا نرى الأبعاد الإضافية هو أنها تكون "أبعاد مدمجة". قـم بأخـذ صـفحة مـن الـورق وقم بلفها في شكل أنبوبة. كلما أصبح قطر الأنبوبة أصغر، فإن صفحة من الورق ثنائيـة البعـد تبـدأ في إظهار خط ذي بعد واحد على نحو متزايد، وهو ما يحدث عندما يتم ضغط البعد (compactified). وأن الجسيم الذي يحاول التحرك في البعد الإضافي سريعاً يعود مـرة أخـرى للنقطـة التـي بـدأ منهـا. في 2007، علماء الفيزياء في جامعة ويسكونسين - ماديسون، اقترحوا أن دراسات إشعاع الموجات القصيرة الخلفيـة يمكن أن يكون في اتجاه واحد، والتي يمكن أن تستخدم في محاولة معرفة عـدد الأبعـاد في العـالم الـذي نحن نعيش فيه بالضبط.



نظرية الكهربية الضعيفة **electroweak**

أحد الانجازات المعروفة في القرن العشرين للفيزياء كانت الاكتشاف في 1968 بان معادلات ماكسويل تطبق على كل من الكهرومغناطيسية والقوة النووية الضعيفة - وهي القوة المسئولة عن الاضمحلال الإشعاعي داخل نواة الذرة - والتي تظهر نفس الظواهر الرئيسة وقد سميت: القوة الكهربية الضعيفة electroweak. ومن المشهد الأول، فإن الأثنين يظهر أنهما متعارضان، القوة الضعيفة والتي تكون - ضعيفة للغاية. وبينما الكهرومغناطيسية يكون لها مدى متسع على نحو مفرط - وهي الموجات الكهرومغناطيسية، مثل الضوء والراديو، والتي يمكنها أن تعبر الكون - بينما القوة الضعيفة تكون محجوزة داخل نواة الذرة.

ومع ذلك، فإن علماء الفيزياء عبدوس سلام وشيلدون جلاشوو وستيفن وينبرج أظهروا كيف لعناصر متفاوتة كهذه أن تتحد في مدى الطاقة العالية، كما حدث أثناء اللحظات الأولى للكون بعد البيج بانج Big Bang. فإن نظريتهم، والتي تجسد كسر التناظر (التماثل) التلقائي، تنبأت باثنين من الجسيمات غير الذرية - والتي تسمى W & Z- وهي تم اكتشافها فوراً في معمل CERN الأوربي لتعجيل الجسيم 1973. وأن نظرية الكهربية الضعيفة electroweak كانت تمثل على هذا النحو إنجاز في الفيزياء ولذلك فإن واضعي هذه النظرية قد حصلوا على جائزة نوبل في 1979.

كسر التناظر (التماثل) التلقائي

إن الظواهر في النظريات الموحدة لفيزياء الجسيم، والتي فيها القوى تتوحد معاً بالنظرية الموحدة عند طاقة عالية لتنفصل عن بعضها البعض بينما الطاقة تنخفض. وعلى سبيل المثال، فإن القوى الكهربية الضعيفة توجد في الكون لأجزاء صغيرة من الثانية بعد خلقها في الحرارة العالية لـ Big Bang. وفور بدأ الكون في أن يبرد على نحو كافٍ بدأ يجتاز مرحلة انتقالية وفيها انفصلت القوى إلى القوى الكهرومغناطيسية والقوى الضعيفة والتي نراها في أيامنا الحالية.

إن كلمة "التناظر" (التماثل) هنا لا تشير إلى الصور البسيطة للمرآة، ولكن لحالات التناظر

الذاتية المعقدة التي توجد في الرياضيات والتي تصف كل نظرية. وخلال كسر التناظر التلقائي، فإن التناظر الكلي للنظرية الموحدة ينكسر وينقسم إلى تناظرات فردية لنظريات المكون. وأن حالة التناظر (التماثل) عالية الطاقة تكون مشابهة في الغالب لتوازن قلم رصاص على جانبيه. ولكن إذا ما سقط القلم الرصاص في اتجاه محدد، فإن التوازن سوف ينكسر.

النظرية الموحدة العامة

تماماً مثل نظرية القوة الكهربية الضعيفة والتي ربطت بنجاح القوة الضعيفة، فإن علماء الفيزياء قاموا بالبحث عن نظرية موحدة، يمكنها أن تظهر تفاعل القوى الكهربية الضعيفة والقوة القوية - وهي القوة التي تربط الجسيمات داخل أنوية الذرات. وأن مخطط كهذا يكون معروف بالنظرية الموحدة العامة (GUT).

ومع ذلك، فالعلماء حتى الآن لم يتفقوا على الشكل الصحيح الذي ينبغي أن تكون عليه النظرية العامة الموحدة GUT. أحد أسباب ذلك هو الافتقار للبيانات التجريبية. وتماماً كما في نظرية القوة الكهربية الضعيفة، فإن نماذج GUT تشمل كسر التناظر التلقائي، والذي يعني أن القوة الكهربية الضعيفة والقوة القوية قد ارتبطا معاً خلال مرحلة الكون عالية الطاقة قبل التقسيم بينما هي تبرد. ولكن طاقة توحيد GUT يعتقد أنها 100 مليون مليون مرة أعلى من القوة الكهربية الضعيفة، وأن معجلات الجسيم ليست حتى الآن قريبة بقدر كافٍ حتى يتم القيام بتجريب هذا المدى.

التناظر الفائق

إن الفيزياء النظرية تكون في كافة حالات التناظر - معبرة عن الأشياء التي يمكنك أن تقوم بها لنظرية تترك توقعاتها بلا تغير. وأن مثالاً بسيطًا يكون تماثل الزمن. فبفرض سقوط حجر من نافذة غرفة نومك في يوم الثلاثاء فإن نفس معادلات حركته سوف تحكم نفس هذا السقوط إذا ما قمت به يوم الأربعاء. وأن حالات تماثل أكثر عمقاً وبراعة تستخدم لتميز القوانين المعقدة الخاصة بعالم الجسيم اللاذري، أحد الأمثلة يكون التماثل

الفائق. وأن الجسيمات البدائية للمادة تنقسم إلى اثنين من العائلات المتميزة - والتي تسمى البوسونات والفيرمونات وأن الفرق بينهما يتوقف على كمية مجردة تسمى العزم المغزلي الكمي.

في ظل التماثل الفائق، فإن كل جسيم (بوسون) يكون له نظير (فيرمونت)، والعكس بالعكس. وأن كافة ما يسمى "النظراء" وجدوا في الانقسام الأول بعد الانفجار العظيم (big bang)، قبل أن يدفع حدث كسر التناظر التلقائي الكون ليوجد به فقط الجسيمات التي نراها اليوم. ويجد النظريين الفيزيائيين أن التماثل الفائق، وأحياناً يكتب SUSY، يساعد في التخلص من بعض "الإنحرافات" غير الحقيقة - فإن القيم الفيزيائية اللانهائية وغير محدودة مثل كتل الجسيمات - والتي يتم افتراضها بواسطة النظريات الموحدة ونظريات كل شيء، لا يمكن التعامل بها بواسطة الطرق العادية.

المادة المرآة

مثل شركاء التناظر الفائق، فإن المادة المرآة تكون عائلة أخرى افتراضية من الجسيمات غير الذرية التي يتم التنبؤ بوجودها بواسطة حالات التماثل الرئيسة للطبيعة.

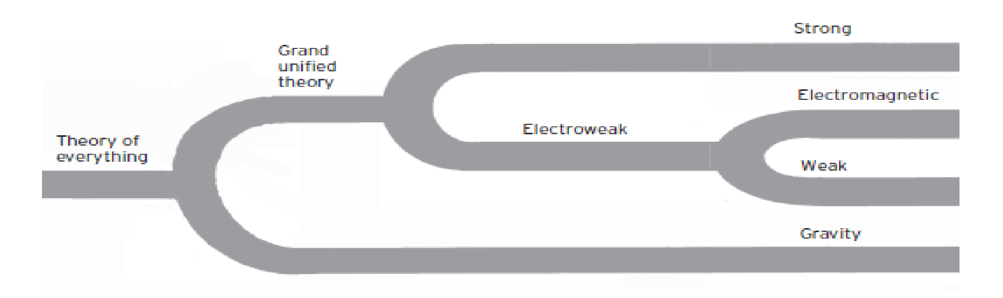
وتعنى المادة المرآة بالتناظر المعروف "بالتكافؤ - التناظر" - وبتعبير دقيق تماثل انعكاس المرآة. أن يدينا تعتبر تناظر تكافؤ، لأنه لكل يد يسرى يوجد يد يمنى كمرآة لها. وعلى نحو مشابه، فإن الكهرومغناطيسية والقوة القوية والجاذبية جميعها تعتبر متكافئة (متناظرة) أيضاً- لان لكل جسيم يد يسرى في هذه النظريات يكون نظير يد يمنى له. ومع ذلك، فإن القوة الضعيفة يبدو أنها تدخل هذا التصور.

المادة المرآة تكون محاولة لتحقيق التوازن عن طريق افتراض أن لكل جسيم في نظرية التفاعلات الضعيفة يكون هناك شريك مرآة له. إذا جسيمات المرآة هذه كانت موجودة فهي غالباً تتفاعل مع المادة العادية عن طريق الجاذبية. وعلى نحو مناسب، فإن ذلك يجعلها مرئية بشكل فعلي - والذي يفسر لماذا المادة المرآة لم يتم إيجادها حتى الآن. وعلى الرغم أن بعض العلماء يعتقدون أنها توجد، فإن التأمل في جسيمات المرآة يمكن أن يعزي هذا للمادة السوداء في الكون.

نظرية كل شيء

النظرية الموحدة العظمى تجمع معاً كل عناصر الطبيعة الأربعة - الكهرومغناطيسية والقوة النووية القوية والضعيفة والجاذبية - في إطار رياضي منفرد مترابط. وأن النماذج النظرية مثل هذه تعرف "بنظريات كل شيء" وتجد أن النظرية التي تعبر عن هذا الكون تعتبر متسعة جداً عن إطار الفيزياء. وهناك فكرة خاطئة سائدة بأن نظرية كل شيء سوف تسمح للعلماء بحساب حالة كل جسيم من المادة والذي يوجد في أي وقت، وأن ذلك سوف يظهر التصور الخاص بمستقبل الكون. فالحقيقة هي أن ذلك سوف لن يكون أكثر من نظرية الكهرومغناطيسية التي تقول لك أي أغنية هي التي يتم الاستماع إليها الآن عبر الراديو.

وأن صعوبة المبدأ في نظرية كل شيء يكون ارتباطها بالنظرية الكمية، والتي تصف القوى الكهرومغناطيسية والقوى النووية، بناء على نظرية النسبية العامة لآينشتاين، والتي تصف الجاذبية. وفي محاولات جعل نظرية النسبية العامة كمية- أي تحقيق "جاذبية كمية" فإن هذه المحاولات في الغالب تنتج نتائج غير فيزيائية. ومع ذلك، فإن تقدم يتم مع نماذج مرشحة مثل نظرية الوتر والأخ الكبير الخاص بها ونظرية M.



نظرية الوتر

وهي نظرية تم تطويرها من بداية عقد السبعينات من القرن العشرين، فإن نظرية الوتر تكون طريقة جديدة للبحث عن الجسيمات الفيزيائية- من خلال التعامل مع الجسيمات. أن الجسيمات الحقيقية التي يتم ملاحظتها في الطبيعة - مثل الإلكترونات والبروتونات -

يكون لها حجم محدد، وذلك يقود بعض الفيزيـائيين لانتقـاد هـذه النقطـة - كـما لـو كانـت الطبيعـة أسندت لهم القيام بالحسابات. فإن نظرية الوتر تكون محاولة للتعبير عـن ذلـك عـن طريـق اسـتبدال الجسيمات النقطية بكائنات يكون لها درجة من التمدد في الفراغ- وفي هذه الحالة، فإن "أوتار" الطاقة تتمدد في بعد واحد. وأن الجسيمات التي نعرفها يمكن أن يتم التفكير فيها على أنها موجـات ثابتـة، أو "نغمات Tones" يتم عزفها على الأوتار.

تعتبر نظرية الوتر واحدة من المخططات العديد المحتملـة لتوحيـد النـسبية العامـة مـع نظريـة الكـم وبذلك يتم ابتكار نظرية كل شيء. ومثل النماذج الموحدة التي تمت من قبل مثل نظرية كـالوزا-كلـين، فإن نظريات الوتر تتطلب وجود أبعاد إضافية - وعلى نحو أكثر شيوعاً، منحنـى زمكـان مكـون مـن 10 إلى 26 بعد يكون مطلوباً. وبعد نظريات الوتر أيضاً تجسد التماثل الفائق - وتقود لمـا يعـرف "بالأوتـار الفائقة"

نظرية - M

في 1995، العديد من نسخ نظرية الوتر قد ظهرت - بدون طريقة واضحة للاختيار فـيما بينهـا - والـذي قاد العلماء لوضع نظرية شاملة جديدة، والتي فيها كل نظرية محتملة للـوتر تعـبر عـن حالـة خاصـة. النموذج الجديد تم تسميته نظرية M. فبدلاً من التعامل مع الجسيمات "كأوتار" من بعد واحـد، فـإن نظرية M الآن تتعامل معهم "كأغشية من بعدين". نظرية الأوتار ما تزال هنا فهي تكـون شريحـة مـن D 1 (بُعد واحد) من هذا الغشاء D 2 المكون من بعدين، مع انتباه شديد بأن تقدير شريحـة الجـسيم تغير نظرية الوتر الذي تبحث عنه. ومن أجل أن تعمل هذه النظرية، فإن الفراغ ينبغي أن يزداد ببعـد واحد إضافي آخر فوق كافة الأبعاد التي تتطلبها نظرية الـوتر. وهكـذا، فعـلى سـبيل المثـال، فـإن كافـة نظريات الوتر ذو العشرة أبعاد قد وضعت معاً في نظرية M ذات الأحد عشر بعداً. لا أحد يبدو متأكدًا أن حرف M في النظرية يأتي من كلمة مصفوفة، وأن الغشاء قد يتم اعتباره مثل "الأم" أو "السيد".

علم الكيمياء

تـشكل دراسـة العنـاصر الكيميائيـة، والتفـاعلات التـي تحـدث فـيما بينهـا، والمركبات التي تكونها فرعا من فروع العلم يطلق عليه اسم علـم الكيميـاء. وعلم الكيمياء مشتق مباشرة من علم الفيزياء - قـوانين الفيزيـاء التـي تتنبـأ بسلوك الجسيمات التي تسمى إلكترونات والتي تـدور حـول أنويـة الـذرات. وتتحدد الخواص الفيزيائية للمواد المختلفة، والطريقة التي تتفاعـل بهـا مـع المواد الأخرى من خلال بنيتها الإلكترونية المميزة.

ومن المعتقد أن علماء الكيمياء الأوائل قد ظهروا في مصر القديمة حوالي عـام 2000 ق.م، وقـد أتقنـوا وسـائل كيميائيـة لاسـتخلاص الأدويـة مـن النباتـات، وإنتاج الصابون، وصبغات الجلود، أما في الغرب فكـان علـماء الكيميـاء الأوائـل هم الكيميائيون القدماء الذين اعتقدوا إمكانية تحويل المعـادن البخـسة إلى

ذهب (وهذا لا يمكن حدوثه إلا مـن خـلال تفـاعلات نوويـة غريبـة، ولـيس باستخدام الكيمياء المعملية)

وقد بدأت الكيمياء كعلم بالتزامن مع روبرت بويل فيلـسوف القـرن الـسابع عشر، وهو أول من قام بتوصيف سلوك الغازات رياضياً، ثـم جـاء بعـد ذلـك العالم الفرنسي أنطوان لافوازيـه في أواخـر القـرن الثـامن عـشر والـذي أطـاح بالخرافات العلمية الزائفة للكيميـائيين القـدماء وبـشر بعلـم كيميـاء جديـد يقوم عـلى المبـادئ العلميـة الـصارمة، ثـم جـاءت مـؤخرا بعـد ذلـك نظريـة الذرات، واكتشاف كيف تحـدد الخـواص الذريـة العنـاصر الكيميائيـة، وكـان ذلك ميلاد الكيميائية الحديثة.



الذرات

العدد الذري:

يقوم علماء الكيمياء والفيزياء بتصنيفه شحنة نواة الذرة بكمية وتُعرف باسم "العـدد الـذري"، ويـشار لـه بـالرمز (Z)، وهـو يـساوي عـدد البروتونـات موجبـة الـشحنة الموجـودة داخـل النـواة، لكـن عـدد البروتونات يساوي أيضا عدد الإلكترونات الأصغر حجما سالبة الشحنة التي تـدور حـول النـواة- وهـذا مفيد في استنتاج الخواص الكيميائية للذرات..

الأغلفة الإلكترونية

تدور جـسيمات الإلكترونـات حـول نـواة ذرتهـا في سلـسلة مـن الأغلفـة متحـدة المركـز، والتـي تنـاظر مستويات طاقة الإلكترونات، ويقوم العدد الذري للذرة بإخبار عالم الكيميـاء بعـدد إلكترونـات الـذرة، ويمنع مبدأ الاستبعاد لنظرية الكم وهذه الإلكترونات من الانضمام جميعا إلى الغلاف نفسه، وبدلا مـن ذلك تملأ هذه الإلكترونات الأغلفة المتاحة تدريجيا. وأقصى عدد للإلكترونات التي تـشغل الأغلفـة مـن الداخل إلى الخارج 2 و8 و18 و32 ....فإذا كانت الأغلفة يرمز لها بالرمز (n) والذي يأخذ القـيم 1 و2 و3 و.... فإن أقصى عدد للإلكترونات في كل غلاف يساوي فقط $(2n^2)$.

الغلاف الخارجي للذرة هو المسؤول عن تفاعلاتها الكيميائية، ويُعرف باسم غلاف التكـافؤ. فكلـما كـان عدد الإلكترونات في هذا الغلاف أقل، كانت المادة أكثر نشاطا، فالصوديوم عدده الذري 11- بمعنى آخر، له 11 إلكترون، وفيه الغلاف (n=1) ممتلئ وكذلك الغلاف (n=2)، بينما يظل الإلكـترون المتبقـي وحيـدا في الغلاف (n=3)-الذي هو غلاف التكافؤ في ذرة الأكسجين، وهذا يجعل الصوديوم نشطا للغاية.

الكتلة الذرية



تنـتج عــن إضــافة العــدد الكــلي للبروتونــات والنيوترونات الكتلة الذرية للـذرة والتـي يرمـز لها بـالرمز (A)،وتـزن البروتونـات والنيوترونـات

الكتلة نفسها تقريبا إلى: (1.6×10^{-27}كجم) (بالتدوين العلمي).

عـلى سـبيل المثـال الكتلـة الذريـة للأكـسچين تـساوي 16 وهـذا يعنـي أن كتلـة كـل ذرة تـساوي (2.67×10^{-26}كجم)

وهذا الرقم لا يشتمل أي كتلة الإلكترونات الثمانية لذرة الأكسچين، لأن كتلتها أقل 2000 مرة مـن كتلـة النيوترونـات والبروتونـات، وبالتـالي فهـي تـساهم مـساهمة ضـئيلة في الكتلـة الكليـة للـذرة. وعـدد النيوترونات في نواة الذرة والذي يرمز له بالرمز (N) يعطى من العلاقةٍ(A-Z)؛ أي العـدد الكـتلي للـذرة مطروحا منه العدد الذري، ولذلك فإن الأكسچين له ثمانية نيوترونات موجودة بين بروتوناتها الثمانية.

الدورة \ المجموعة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
				57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
				89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

العناصر الكيميائية

تُعرف العناصر التي تتواجد في الطبيعـة باسـم العنـاصر الكيميائيـة، ويمكـن تقـسيم العنـصر إلى ذرات مفردة، على عكس المركبات الكيميائية التي فيها أصغر وحدة بنائية هـي الجزيئـات التـي تتكـون مـن عنصرين أو أكثر متحدين معا. ويتحدد كل عنصر كيميائي بعدده الذري المميـز، ويرمـز إليـه في الـصيغ الكيميائية باختصار من حرف واحد أو حرفين من اسمه، على سبيل المثال يرمز إلى الهيـدروچين بـالرمز (H)، وعدده الذري (1) أما الأكسچين فيكتب (O) وله عدد ذري يساوي (8) بينما الحديد (Fe) وعدده الذري (26).

توجـد العنـاصر الكيميائيـة موضـحة عـلى خريطـة مرسـومة تُعـرف باسـم الجـدول الـدوري،

وهذا الجدول مقسم إلى أعمدة رأسية تُعرف باسم المجموعات- عناصر كل مجموعة لها عدد مماثل من الإلكترونات في غلاف التكافؤ الإلكتروني، وهذا يعطيها خصائص كيميائية متماثلة، وتظهر هذه التماثلات في التوزيع الإلكتروني الخارجي مرارا وتكرارا، ومع زيادة العدد الذري-كل تكرار يناظر صف أفقي جديد أو دورة في الجدول، وهذا هو السبب في الشكل الغريب للنصف العلوي من الجدول الدوري

النظائر

نظير العنصر الكيميائي هو عنصر له نفس العدد الذري للعنصر، وكذلك عدد البروتونات والإلكترونات - له عدد مختلف من النيوترونات، ونتيجة لذلك يكون للنظائر أعداد كتلة مختلفة عن عناصرها، وغالبا يستخدم العدد الكتلي للذرة لتصنيف النظائر المختلفة للعنصر الكيميائي نفسه، على سبيل المثال، ذرة كربون (12) وهي الشكل الطبيعي للكربون وتحتوي على (6) بروتونات، و(6) نيوترونات في نواتها، بينما هناك أيضا نظائر أخرى مثل كربون 13 وكربون 14. ولأن النظائر وتنتج من تغيرات تطرأ على الذرة على مستوى النواة، فإن الخصائص الكيميائية لهذه النظائر -والتي تتحدد من خلال بنيتها الإلكترونية- تبقى عادة كما هي مثل ذراتها القياسية، ويستثنى من ذلك الديوتيريوم، وهو الهيدروچين مع نيوترون إضافي واحد في نواته، والديوتيريوم أثقل مرتين من ذرة الهيدروچين الطبيعي، وهذا يبطئ معدل التفاعل الكيميائي بشكل كبير.

الآيون

عادة يكون عدد البروتونات ذات الشحنات الموجبة داخل نواة الذرة هو نفسه عدد الإلكترونات التي تدور حولها، وبالتالي يكون صافي الشحنة الكهربية للذرة مساويا صفر، أما الآيونات فهي ذرات فقدت أو اكتسبت إلكترونات، لتعطي بعد ذلك شحنة إجمالية.

وتنقسم الآيونات إلى نوعين: الكاتيون وهو ذرة فقدت بعض إلكتروناتها بحيث، تجعل النواة شحنة الذرة موجبة أما الآنيون على النقيض من ذلك، فهو ذرة اكتسبت بعض الإلكترونات لتكتسب صافي شحنة سالبة.

وتتكون الكاتيونات عندما تمتص الذرة طاقة كافية لتطلق سراح إلكترون من إلكترونات الذرة، أما الآنيونات فتنشأ من إضافة إلكترونات إلى غلاف التكافؤ. والذرات التي يكون غلاف التكافؤ فيها ممتلئًا تكون مستقرة بشكل خاص.

والذرة مثلها كمثل كرة تندفع من أعلى تل، ستحاول دائما التحرك بشكل مستقر بقدر الإمكان،وهذا يعني إنه إذا كانت الذرة ينقصها إلكترون واحد لملء غلاف التكافؤ، فعلى الأرجح ستقوم بجذب أي إلكترونات تمر بها- وتكون أنيون.

عناصرما وراء اليورانيوم

اليورانيوم هوعنصر كيميائي متواجد في الطبيعة وعدده الذري (92) يتواجد اليورانيوم بالإضافة إلى العناصر ذات الأعداد الذرية الصغيرة في الطبيعة على الأرض، وكل العناصر التي لها أعداد ذرية أكبر تظهر ما يسمى بالنشاط الإشعاعي، والذي تتسبب في تحلل كل المستودعات الطبيعية لهذه العناصر، ولهذا السبب لابد من تخليق العناصر التي تسمى (عناصرما وراء اليورانيوم) من خلال تفاعلات نووية متحكم فيها.

ولليورانيوم نفسه استخداماته كوقود للمفاعلات في محطات الكهرباء النووية، وينتج عن تلك التفاعلات مكون جانبي هو البلوتينيوم، وهو عنصر من عناصر ما وراء اليورانيوم وعدده الذري (94) ويستخدم في الأسلحة النووية. والعناصر ذات الأعداد الذرية الأكبر تكون مكلفة جدا في التخليق - الجرام الواحد من (الكاليفورنيوم) وعدده الذري (98) تصل تكلفته 10 مليون دولار-ولها تطبيقات عملية أقل، ومع ذلك، تم إنتاج عدد كلي من العناصر يبلغ 20 عنصر من عناصر ما وراء اليورانيوم في المختبرات حول العالم لمصلحة العلم.

المول

المول في علم الكيمياء هو وحدة قياس لكمية المادة، ويُعرف على إنه عدد الذرات الموجودة في 12 جرام من ذرات الكربون العادية (عدده الكتلي 12)، ويساوي (6.022×10^{23}) #(بالتدوين العلمي)، وأحيانا يطلق على هذا العدد اسم عدد أفوجادرو، وقد أطلق عليه ذلك عام 1909 نسبة إلى عالم القرن التاسع عشر العالم الإيطالي أميدوأفوجادر والذي

طرح هذا المفهوم لأول مرة. وبالتالي فإن أي كتلة من المادة تساوي بالجرامات كتلتها الذرية تحتوي على مول من الذرات، لكن المول لا ينحصر على الذرات فمن الممكن تحديد مول من الأيونات أو الإلكترونات - أو الجزيئات حالما تُعرف الوزن الجزيئي للجزيء.

التركيب الكيميائي

المادة

من السهل استخدام المصطلح بلا تكلف، لكن المادة الكيميائية هي الاسم الذي أطلقه الكيميائيون على المادة التي يمكن تعرُّفها من خلال تركيبها الكيميائي- بدلالة العناصر الكيميائية الأساسية- وبالتالي فإن العنصر الكيميائي المسمى أكسچين هو أحد الأمثلة البسيطة على المادة، وكذلك ثاني أكسيد الكربون الذي رمزه الكيميائي (CO_2) وهذا يعني أن كل جزيء يتكون من ذرة كربون وذرتي أكسچين. وتبقى المادة الكيميائية كما هي، بغض النظر عن حالتها الفيزيائية- صلبة، أو سائلة، أو غازية - وبالتالي فإن الماء يبقى ماءً سواء أكان في صورة ثلج أو بخار، أما الفوتونات فهي مثال على شيء لا يعتبر مادة كيميائية لأنها لا تتكون من عناصر كيميائية.

المخلوط

عند خلط مادتين كيميائيتين معًا دون أن ترتبطا كيميائيا لتكوين مركب، يكون الناتج ما يُعرف باسم المخلوط. والهواء هو أحد أمثلة المخاليط، فهو يتكون من غازات: الأكسچين، والنيتروچين، والأرجون، وثاني أكسيد الكربون المختلطة معا دون أن يوجد ما يسمى بجزيء من الهواء- أي أن جزيئات هذه الغازات المختلفة ليست مرتبطة معا.

وقد تكون المخاليط متجانسة أو غير متجانسة، فالمخاليط غير المتجانسة تكون مكوناتها مختلفة الأطوار (صلبة، أو سائلة، أو غازية) وبالتالي يسهل فصلها- الماء والثلج أحد الأمثلة على ذلك- أما المخاليط المتجانسة تكون جميع مكوناتها متفقة في الطور وبالتالي يصعب فصلها.

وتأتي المخاليط في ثلاثة أنواع مختلفة: المحلول وهو مخلوط متجانس فيه تكون المواد

المختلفة موزعة توزيعا متساويا- مثل تقليب الملح في الماء. والغرواني وهو مخلوط غير متجانس فيه تبقى الجسيمات المجهرية لإحدى المادتين- مثل اللبن وهو مزيج من كريات الدهون الصغيرة في الماء، وأخيرا المعلق وهو مخلوط غير متجانس فيه جسيمات صلبة أو سائلة أكبر معلقة في سائل أو غاز، والمياه الموحلة مثال على ذلك.

وتنفصل الجسيمات في المحلول المعلق عن الوسط التي تكون معلقة به بشكل أفضل من غيرها- على سبيل المثال تنفصل المياه الموحلة إلى مياه نظيفة مع طبقة من الرواسب في القاع.

المحلول

المحلول هو مخلوط متجانس من مادتين كيميائيتين،، وحتى إذا كانت هاتان المادتان مختلفتين في الطور عند خلطهما إلا أنهما سرعان ما يتكيفا ويصبح لها الطور نفسه لتكوين خليط متساو، وتُعرف عملية تكوين المحلول باسم الإذابة.

وفي المحاليل المكونة من مادتين تسمى المادة الكبرى مذيب في حين تسمى الصغرى مذاب، ومن أمثلة ذلك إذابة حبيبات السكر في الماء- المذاب هو السكر بينما المذيب هو الماء- وتُعرف تلك المحاليل التي يكون فيها المذيب هو الماء باسم المحاليل المائية.

ويشير الكيميائيون إلى قدرة المادة على الذوبان في مادة أخرى باسم الذوبانية، ويقال لمادتين لا تذوبان-مثل الماء والزيت أنهما غير قابلتين للامتزاج. ويطلق على قوة المحلول اسم التركيز، ويعبر عنها كمولات من المذاب لكل لتر من المذيب، وأحيانا يُعرف هذا النظام المبني على الحجم باسم تركيز الكمية للمحلول، ويمكن أن يعطى التركيز بدلالة الكتلة أيضا.

الانتشار والتدفق

تُعرف عملية الخلط الطبيعي لمكونات محلول ما باسم (الانتشار)؛ والحركة العشوائية للجزيئات-كما تصفها نظرية طاقة الحركة-تجعلها تتداخل؛ حتى تصبح خليطا متجانسا، ويحدث الانتشار في كل من الغازات والسوائل.

من الممكن أن تتعرض الغازات لعملية ذات صلة يطلق عليها اسم(التدفق) فيها يتسرب

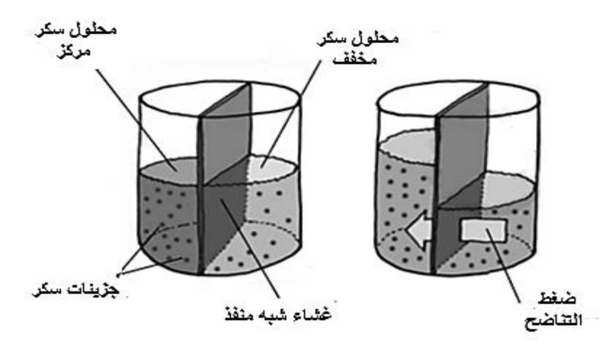
الغاز تدريجيا من ثقوب مجهرية في الإناء الحاوي له. وعلى الرغم من ضآلة هذه الثقوب إلا أنها أكبر من جزيئات الغاز، ويتناسب معدل التدفق عكسيا مع الجذر التربيعي للكتلة الجزيئية للغاز بوحدات الكتلة الذرية، وبالتالي فإن في خليط من حجمين متساويين من الهيدروچين (الكتلة الذرية 1)، والهيليوم (الكتلة الذرية 4) يتسرب الهيدروچين مرتين أسرع من تسرب الهليوم، ويعني التدفق أن المشروبات الغازية المخزنة لفترات طويلة في زجاجات بلاستيكية ستفقد في نهاية المطاف فورانها من خلال المسام الدقيقة الموجودة في البلاستيك.

التناضح

خذ محلولين مختلفي التركيز وافصلهما بغشاء شبه منفذ-حاجز رقيق مزود بفتحات صغيرة بما يكفي لتمرير جزيئات المذيب، لكنها كبيرة لدرجة تمنع جزيئات المذاب من المرور، ويتدفق المذيب من المحلول الأضعف إلى المحلول الأقوى-حتى يتساوى تركيزيهما وتُعرف هذه العملية باسم التناضح، وتندرج المحاليل على جانبي الغشاء تحت أحد ثلاثة تصنيفات:

يُعرف المحلول القوي باسم (محلول مفرط التوتر)، المحلول الأضعف منه باسم (محلول منخفض التوتر) وعندما يصبح للمحلولين التركيز نفسه يطلق عليهما (متساويا التوتر).

وينشأ عن تدفق المذيب خلال الغشاء ضغط يُعرف باسم ضغط التناضح - وتطبيق الضغط نفسه على الجزء مفرط التوتر من الغشاء كاف لإيقاف العملية. والتناضح ضروري في وظائف الخلايا الحية، حيث تمكنها من سحب السائل من خلال أغشيتها الخارجية.



الإلكتروليت

هو مادة في الغالب سائلة تقوم بتوصيل التيار الكهربي بسبب احتوائها على آيونات موجبة وسالبة، والإلكترولنتات هي غالبا

محاليل ناتجة عن إذابة الأملاح في مذيب مثل الماء، والمثال الشائع على ذلك هو ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) الذي يتفكك عند إضافته إلى الماء إلى آيونات صوديوم موجبة الشحنة، وأيونات كلور سالبة الشحنة، ويمكن تصنيف الإلكتروليت إلى إلكتروليت قوي وإلكتروليت ضعيف تبعا لتركيز الآيونات.

وتستفيد الكائنات الحية من الإلكتروليت في إرسال الإشارات الكهربية التي تشكل النبضات العصبية المستخدمة في إرجاع الإحساس للمخ وجعل العضلات تعمل، والإلكتروليت ضروري أيضا في عمل البطاريات.

المركبات

تتكون المخاليط عندما تتداخل ذرات مادتين كيميائيين مختلفتين مع بعضهما البعض، لكن عندما ترتبط ذرات المكونات معا لتكوين مادة جديدة تكون النتيجة هو ما يُعرف باسم المركب، وعلى عكس المخاليط لا يمكن فصل مكونات المركب بالعمليات الفيزيائية مثل الترشيح.

تُعرف المركبات التي تحتوي على الماء باسم(المركبات المائية)، وتلك التي لا تحتوي على ماء يطلق عليها اسم(لا مائية)، وعلى الرغم من امتصاص المركبات المائية لكثير من الماء، إلا أنها تبقى في صورة صلبة،ولنأخذ على سبيل المثال.

كلوريد الكوبالت الثنائي (II)- الـ (II)تشير إلى أن الكوبالت ينقصه إلكترونان، وبالتالي فهوآيون ثنائي- وهومركب كيميائي صلب $CoCL_2$ من النوع اللامائي، لكن عندما يمتص الماء يتحول إلى كلوريد الكوبالت المائي ($CoCl_2$-6(H_2O) - لا يزال صلبا ولكنه أصبح من النوع المائي.

تتحدد الجسيمات الأساسية -الجزيئات- للمركب بدلالة صيغتها الكيميائية وهي تتكون خلال تكون الروابط الكيميائية، والتي يمكن أن تأخذ شكلين أساسيين: روابط آيونية وروابط تساهمية.

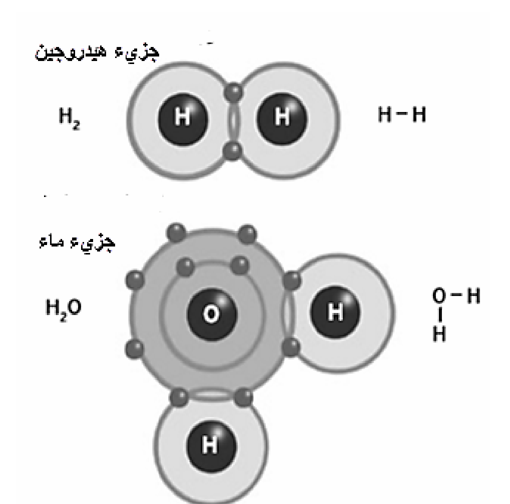
الرابطة الآيونية

تربط الرابطة الآيونية آيونين مختلفي الشحنة من خلال التجاذب الكهربي- القوة التـي تجـذب الـشحنات المتعاكسة معا، وتنشأ الرابطة الآيونية عادة بين عنصر فلز وآخر لا فلز، وللفلـزات غالبـا عـدد صـغير مـن الإلكترونات في غلافها الإلكتروني الخارجي- المعروف باسـم غـلاف التكـافؤ- بيـنما اللافلـزات لهـا غـلاف تكافؤ مكتمل تقريبا.

وامتلاك الذرة لغلاف تكافؤ أما فارغ أو ممتلئ يضع الذرة في حالة أكـثر اسـتقرارا- وتميـل الطبيعـة إلى تفضيل التوزيعات المستقرة- وهذا هو السبب في تفضيل الأقلام الرصاص الارتكاز عـلى جوانبهـا ولـيس على أطرافها-وهذا يعني أن هناك فرصة قوية لقفز إلكترون من غـلاف تكـافؤ الفلـز إلى غـلاف تكـافؤ اللافلز - مما يجعل الذرتين أكثر اسـتقرارا ، ولأن ذلـك أيـضا يجعـل كلتـا الـذرتين مـشحونتين بـشحنتين متعاكستين، فإن القوى الكهربية تربطهما معا كجزيء، وأحيانا تشترك أكثر من ذرتين، على سـبيل المثـال الماغنسيوم له إلكترونان في غلاف التكافؤ، بينما الكلور فيه مكان شاغر واحد، لكن في حال اتحاد ذرتـين من الكلور مع كل ذرة من ذرات الماغنسيوم، فإن الماغنسيوم يمنح إلكترونا لكل ذرة كلور- وهذا يجعل الذرات الثلاثة أكـثر اسـتقرارا، ثـم بعـد ذلـك تتحـد ذرات الكلـور المـشحونة شـحنة سـالبة مـع ذرات الماغنسيوم المشحونة شـحنة موجبـة وتتكـون رابطـة آيونيـة وهـذا يحـول الـذرات الثلاثـة إلى مركـب هو:كلوريد الماغنسيوم ($MgCL_2$)

الرابطة التساهمية

بالإضافة إلى الرابطة الآيونيـة هنـاك طريقـة أخـرى ترتبط بها الـذرات معـا لتكـوين المركبـات وتُعـرف هـذه الطريقـة باسـم الرابطـة التـساهمية، وفيهـا تساهم الذرات بإلكترونات أغلفـة التكـافؤ، ويمكـن أن ترتبط ذرتا هيدروجين معا لتكـوين هيـدروچين جزيئي أو(H_2)-وهو جزيء متآصل.



ولكل ذرة هيدروچين منفردة إلكترون واحد فقط في غلاف التكافؤ، لكن بسبب أن أقصى عدد إلكترونات يمكن أن يتواجد في هذا الغلاف هو إلكترونان- ولأن الغلاف الممتلئ هوالتوزيع الأكثر استقرارا- يمكن أن تتحد ذرتا هيدروچين معا وتساهمان بإلكترونيهما، وبذلك تكونا قد وضعتا نفسيهما في حالة مستقرة فيها يكون غلاف التكافؤ لهما ممتلئ.

ويتكون مركب الماء (H_2O)من ارتباط تساهمي بين ذرة أكسچين وذرتي هيدروچين. هناك فراغ لدى ذرة الأكسچين في غلاف التكافؤ الذي يمتلئ عن طريق مشاركة إلكترونا ذرتي الهيدروچين، وفي المقابل تستعير ذرتا الهيدروچين الإلكترونين الخارجيين لذرة الأكسچين.

ويمكن أن تكون الروابط التساهمية أما قطبية أو لا قطبية، ويتوقف ذلك على طريقة مشاركة الإلكترونات بين الذرات المختلفة، والرابطة بين الهيدروچين والأكسچين في جزيء الماء رابطة قطبية- لأن الأكسچين يستحوذ على إلكتروني ذرتي الهيدروچين أكثر. وعلى النقيض من ذلك الروابط بين الهيدروچين روابط غير قطبية، لأن الإلكترونات تتم مشاركتها بالتساوي، ويمكن لأزواج من الذرات المركبة أن تساهم بعدة إلكترونات لتكوين رابطة مزدوجة قوية جدا أو حتى روابط ثلاثية.

القوى بين الجزيئات

لا توجد قوى بين الذرات التي تتكون منها الجزيئات فحسب؛ بل توجد أيضا بين الجزيئات نفسها. والقوى بين الجزيئات مسؤولة عن تماسكها معا، وهذا يفسر كيفية تحول المواد بين الحالات الصلبة والسائلة والغازية اعتمادا على درجة الحرارة.

وهناك نوعان رئيسيان للقوى بين الجزيئات:

النوع الأول: قوى فاندرافال، وتنتج عن التفاعلات الكهربية المعقدة بين الجزيئات. وهي تجعل الوصف النظري للغازات أكثر تعقيدا، مما يعني إنه لابد من وضع شروط تصويبية لنظرية الغازات المثالية.

أما النوع الثاني: فهو الروابط الهيدروچينية والتي تتكون عندما يحاول الهيدروچين داخل جزيء ما الارتباط بذرات أو جزيئات مجاورة، والروابط الهيدروچينية موجودة في الثلج،

والروابط الهيدروچينية هي الآلية التي من خلالها ترتبط قواعد الدنا معا لتكوين (أزواج القواعد) التي تقوم بترميز التتابع الچيني للكائنات الحية. والروابط الهيدروچينية أقوى من قوى فاندرافال، لكن جميع القوى بين الجزيئات أضعف من الروابط التساهمية، والآيونية التي تمسك الجزيئات نفسها معا. وهناك نوع آخر أقل أهمية هو القوى ثنائية الاستقطاب التي تنتج من قوى التجاذب والتنافر الكهربية بين الجزيئات ذات القطبية الكيميائية القوية.

الروابط الفلزية

الفلزات هي العناصر الكيميائية التي تشغل الطرف الأيسر من الجدول الدوري، وهي تُعرف من الناحية العلمية بأنها جميع العناصر التي تقع على يسار خط القطر الذي يقع عليه عنصرا: البورون، والبولونيوم. أما العناصر على يمين الخط فهي اللافلزات، والعناصر التي على الخط هي أشباه الموصلات. الروابط الفلزية هي القوى التي تربط فلز ما- أو سبيكة في بلورة متماسكة, وهذا هو السبب وراء قوة الفلزات.

تفقد ذرات الفلز إلكترونات غلاف التكافؤ الإلكتروني، وهذا يكون بحرا من الجسيمات التي تخوض بين الأنوية موجبة الشحنة، وهذا البحر من الجسيمات المشحونة شحنة سالبة يتحرك بحرية خلال المادة الصلبة مما يعطي الفلزات توصيلاتها العالية لكل من التيار الكهربي والحرارة، لكن هذه الإلكترونات تقوم بوظيفة أخرى، فقوى التجاذب القوية بين شحناتها الكهربية المعاكسة وشحنة النواة الموجبة تجعل الذرات متماسكة بشدة في مكانها، مما يجعل الفلزات صعبة التمدد أو الثني أو الكسر، ويشار إلى هذه القوة باسم الرابطة الفلزية

المركبات الثنائية

المركب الثنائي هو مركب يحتوي مكونين من العناصر الكيميائية، وملح الطعام العادي أحد الأمثلة على ذلك، فهو يتكون من خلال ارتباط ذرة صوديوم (Na) مع ذرة كلور (CL) لتكوين كلوريد الصوديوم (NaCL).

ويتحدد اسم المركب الناتج من خلال عدد من العوامل، ففي المركب التساهمي يعطى الاسم من خلال دمج اسمي العنصرين مع تغيير نهاية العنصر الثاني إلى (يد (ide) ، وإضافة لاحقة إلى كل منهما تبعا لعدد الذرات اللازمة من كل عنصر (1=أول، و2=ثاني، و3= ثالث)-لكن (أول) لا تكتب إذا كان هناك ذرة واحدة من العنصر الأول.

وباستخدام الطريقة السابق ذكرها يكون (CO_2) هو ثاني أكسيد الكربون (Carbon dioxide)، و(SF6) هوسادس فلوريد الكبريت (sulphur hexafluoride)، و (H_2O) هوأول أكسيد هيدروچين - لكنه مشهور باسم الماء.

أما المركب الذي يتكون من خلال روابط آيونية يعطى اسمه عن طريق أخذ اسم الآيون الموجب(الكاتيون) متبوعا بالآيون السالب (الآنيون)، مع تغيير نهاية اسم الأنيون إلى(يد)(ide)- وبالتالي نقول كلوريد الصوديوم.(sodium chloride)، والجزيئات متعددة الذرات المكونة من روابط آيونية تستخدم قواعد تسمية أكثر تعقيدا تضم نهايات مثل(ite)، و(ate)، على سبيل المثال الكبريتات مركب يتكون من الكبريت و4 ذرات أكسچين، وبإضافتك ذرتين هيدروچين تحصل على كبريتات الهيدروچين H_2SO_4، وهو حمض الكبريتيك.

المركبات العضوية

تسمى أغلبية المركبات التي تحتوي عنصر الكربون الكيميائي اسم المركبات العضوية. والبشر وجميع أشكال الحياة الأخرى على الأرض تقوم على الكربون، ومن ثم فإن بعض مركبات الكربون التي تصنف على أنها مركبات عضوية تشكل اللبنات الأساسية لكيمياء الحياة-مجال يُعرف باسم الكيمياء الحيوية، والكربوهيدرات، والدنا،والبروتينات والفيتامينات جميعها أمثلة لمركبات عضوية، إلا أن هناك مركبات عضوية أخرى ليست مرتبطة بالعمليات الحيوية على الإطلاق، على سبيل المثال أحد المجموعات الفرعية من المركبات العضوية هي الهيدروكربونات - تنشأ بالكامل من خلال الجمع بين الكربون والهيدروچين بطرق مختلفة، وتشمل الغازات الطبيعية مثل الميثان والبروبان، وكذلك البنزن وغيره من أنواع الوقود السائل القابل للاشتعال.

الجزيئات

ماهوالجزيء؟

في حين أن الذرة هي أصغر وحدة قابلة للتقسيم يتكون منها العنصر الكيميائي، فإن الجزيء هو أصغر وحدة للمركب الكيميائي. وتتراوح الجزيئات في تعقيدها من أبسط الجزيئات مثل الملح- المكون من ارتباط ذرة من الصوديوم مع ذرة من الكلور- وحتى الجزيئات المعقدة للغاية مثل جزيء الدنا الذي تقوم عليه الحياة، والذي يتكون كل جزيء منه من ملايين الذرات المفردة.

وتتماسك الذرات معا لتكوين جزيئات من خلال الروابط التساهمية، أما المركبات التي تكونت من خلال الرابطة الأيونية فأحيانا لا تعتبر جزيئات بالمعنى المعروف، لأنها ليست سوى آيونات تجاذبت معا بسبب قوى التجاذب بين شحناتها المتعاكسة.

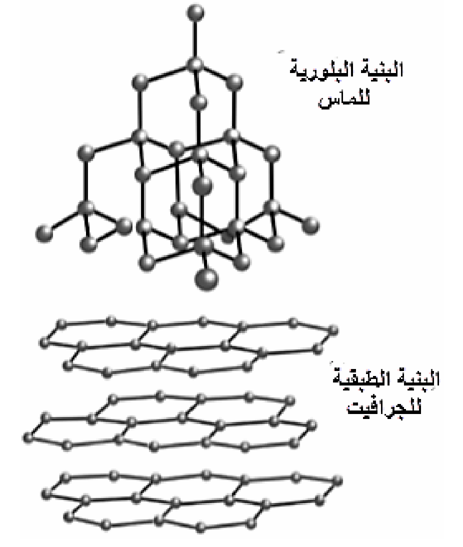
الصيغة الكيميائية

يمكن تحديد الجزيئات التي تكون مركبا ما من خلال الصيغة الكيميائية التي تشير إلى العناصر الكيميائية التي يتكون منها كل مركب- ونسبتها. وتمثل الصيغة الكيميائية كل عنصر برمزه الكيميائي مع لاحقة أسفل هذا الرمز للإشارة إلى عدد ذرات العنصر الداخلة في تركيب كل جزيء، على سبيل المثال الماء مركب كيميائي يتكون من ذرة أكسچين وذرتي هيدروچين، ويمثل بالصيغة الكيميائية (H_2O)، وتستخدم الأقواس أحيانا لتوضيح أن أحد الجزيئات مرتبط بجزيء آخر لتكوين مركب جديد، على سبيل المثال يمكن لكل جزيء من جزيئات كلوريد الكوبالت ($CoCL_2$) امتصاص 6 جزيئات من الماء ليصبح $Co(H_2O)6CL_2$ أحيانا يتم تمييز الأيونات بلاحقة علوية على يمين الرمز للتعبير عن شحناتها الكهربية مثل(CL^-)، أو(Cu^{+2}) وفي الوقت نفسه توضح النظائر من خلال لاحقة علوية في الناحية اليسرى للرمز تعبر عن الكتلة الذرية، وبالتالي فإن الماء الثقيل هو عبارة عن ماء يتكون من نظير الهيدروچين الذي به نيوتريون إضافي في نواته ويمكن كتابته (^2H_2O).

الوزن الجزيئي

الوزن الجزيئي لمركب ما هو كتلة جزيء منه بوحدة الكتل الذرية، ويحسب بسهولة من خلال إضافة كتل جميع الذرات المكونة للجزيء- مع مراعاة إضافة أو طرح وحدات إذا كانت أي من الذرات تنتمي للنظائر، وجزيء الماء على سبيل المثال يتكون من ذرتي هيدروچين (كل منهما كتلتها الذرية 1)، وذرة أكسچين (كتلتها الذرية 16)- وبالتالي يكون وزنه الجزيئي 18 وحدة كتل ذرية، وهذا يعني أيضا أن 18 جرامًا من الماء تحتوي على مول واحد من جزيئات الماء.

التآصل



يمكن لبعض العناصر الكيميائية أن تتواجد في صور مختلفة لكل صورة منها خصائص مختلفة، وهو ما يسمى بالتآصل، فالأكسچين على سبيل المثال له ثلاثة تآصلات شائعة: الأكسچين الذري (O)، وجزيء الأكسچين (ثنائي الأكسچين) (O_2)،والأوزون(O_3)، الاثنان الأخيران عبارة عن جزيئات تكونت من خلال ارتباط الأكسچين بذرات أكسچين أخرى.

وعلى الرغم من أن الأكسچين الذري ليس بضار إلا أن ثنائي الأكسچين يمكن أن يصبح ضارا عند الضغوط العالية بينما الأوزون سام، لكن كلمة تأصل يمكن أن يكون لها معنى آخر أيضا يشير إلى ترتيبات مختلفة للذرات أو الجزيئات داخل المادة الصلبة، على سبيل المثال أكثر الصور شيوعا للكربون هي الماس- الذي تترتب فيه الذرات في شبكة بلورية متماسكة- والجرافيت الذي ترتبط فيه الذرات في أشكال سداسية مرتبة فوق بعضها البعض في طبقات.

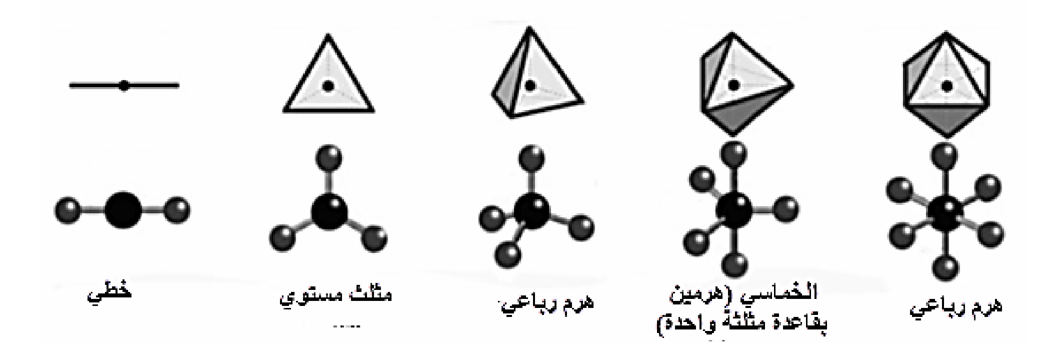
والتآصلات ليس له لأدنى علاقة بتغيرات الطور، أي الانتقالات بين الحالة الصلبة والسائلة والغازية إلا أن تغيرات الحرارة والظروف البيئية الأخرى يمكن أن يثير التغيير

من تآصل إلى آخر، فالحديد على سبيل المثال يتغير من شبكة بلورية مركزية الجسم إلى متآصل ذي بنية مكعبة مركزية الوجه عند تسخينه إلى درجة حرارة تفوق 906 درجة مئوية.

الأشكال الهندسية للجزيئات

تبين الصيغ الكيميائية مكونات أي جزيء، لكن ما الشكل الفعلي للجزيء؟ كيف تتراص الذرات داخله فعليا؟ وهذا هو مجال الأشكال الهندسية للجزيئات. ويمكن أن تتحدد بنية الجزيء بدقة من خلال الاعتبارات النظرية عن طريق تطبيق كيمياء الكم على بنية الجزيء وإدخال البيانات إلى جهاز كمبيوتر.

ومن بين العديد من الأشكال الهندسية المختلفة للجزيئات هناك خمسة أنواع رئيسة: أبسطها الجزيئات الخطية، وفيها تقع جميع الذرات على خط مستقيم، والجزيئات التي على شكل مثلث مستوي والتي تشكل شكلا مثلثا مسطحا، والجزيئات الهرمية التي لها شكل ثلاثي الأبعاد يشبه مجسم رباعي الأضلاع يشبه الهرم، أما الجزيئات الخماسية فهي على شكل جزيئين هرميين ملتصقين ببعضهما البعض من الخلف. ويستطيع الخبراء تحديد الشكل الهندسي لجزيء مركب ما من خلال ارتداد إشعاع إلكتروكهرومغناطيسي أو جسيمات دون ذرية من جزيئات هذا المركب.



الصيغة البنائية

الصيغ البنائية هي طريقة بسيطة يستخدمها الكيميائيون للتعبير عن الأشكال الهندسية لجزيئات المركب الكيميائي، وهي تتم من خلال تقسيم الصيغة الكيميائية للجزيء إلى

مجموعات تمثل كيفية ترتيب مكوناته من الذرات معا، وبالتالي على سبيل المثال الإيثانول صيغته الكيميائية (C_2H_6O)، إلا أن صيغته البنائية (CH_3-CH_2-OH)، وبعبارة أخرى فهي تشبه الـ (CH_3) (مجموعة ميثيل كربون) مرتبطة مع (CH_2)(مجموعة ميثيلين كربون) مرتبطين مع (OH) (مجموعة هيدروكسيل أكسجين).

ويمكن أن تمثل الصيغة البنائية بيانيا، وفي حالة الإيثانول فهو يشبه الرسم الأول بالأسفل ويسمى هذا النوع من التمثيل أحيانا باسم مخطط لويس.

مخطط لويس للإيثانول

أما رسم الصيغ البنائية للجزيئات ثلاثية الأبعاد فهو أصعب. وتُعرف إحدى الوسائل المستخدمة باسم إسقاط ناتا، وهي تستخدم خطوطًا مثلثية الشكل للروابط، لتبين الذرات التي تبرز خارج مستوى الورقة وخطوطا شريطية أو منقطة للروابط لتبين الذرات التي تقع خلف مستوى الورقة. وإسقاط ناتا للميثان (موضح فيما يلي)..



الأيزوميرات

هي مركبات لها الصيغة الكيميائية نفسها لكنها تختلف في الشكل الهندسي للجزيئات وبالتالي في الصيغة البنائية، فالإيثانول وثنائي ميثيل الإيثير (DME) لهما صيغتان كيميائيتان متطابقتان (C_2H_6O) لكن في حين الصيغة البنائية للإيثانول هي (CH_3-CH_2-OH) نجد أن الصيغة البنائية لثنائي ميثيل الإيثر تختلف تماما وهي على الشكل (CH_3-O-CH_3)

ويمكن أن تختلف الخصائص الكيميائية جذريا بين أيزوميرات المركب الواحد، وتنشأ

الأيزوميرات المختلفة نتيجة عمليات التفاعل الكيميائي المختلفة التي تجعل الذرات والجزيئات المكونة للمركب ترتبط بطرق مختلفة.

التماكب الضوئي

ألق نظرة على كلتا يديك- أن كل منهما صورة إنعكاسية للأخرى- وليس هناك أي طريقة يمكنك بها وضعهما فيزيائيا بحيث تبدوان متطابقتين، وبعض الجزيئات تحمل هذه الخاصية أيضا- ويطلق العلماء على ذلك اسم التماكب الضوئي.ويطلق على الجزيئين الذين يمثلان صورة إنعكاسية لبعضهما البعض- وبالتالي لهما تماكب ضوئي عكسي- اسم متزامرات ضوئية، ولها خاصية مثيرة للاهتمام، فهي تدور حول مستوى استقطاب الضوء المار بها.

وتُعرف هذه المواد أيضا بأنها نشطة ضوئيا، وتعطي المواد التي تتسبب في دوران الضوء في اتجاه عقارب الساعة (عند النظر إليها باتجاه الضوء) العلامة (+)، أما المتزامرات الضوئية التي تسبب دوران الضوء عكس عقارب الساعة فتأخذ العلامة (-)، ويمكن للعديد من الجزيئات الحيوية أن تظهر خاصية التماكب الضوئي بما فيها الأحماض الأمينية- الوحدات الأساسية التي تتكون منها البروتينات.

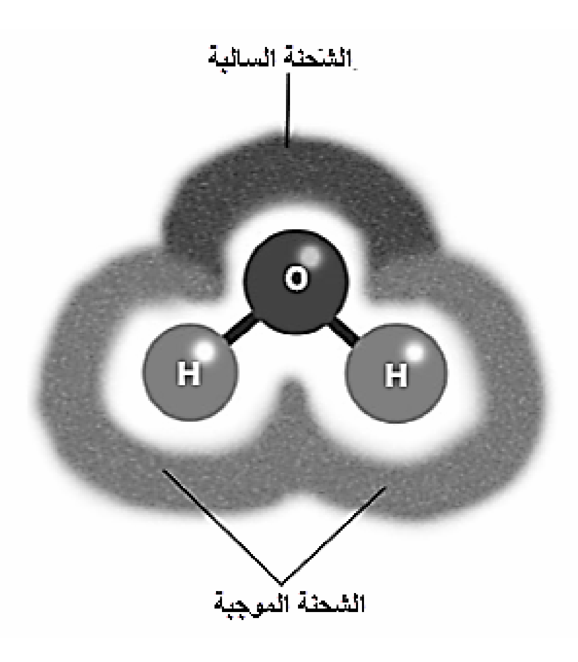
القطبية الكيميائية

يمكن لتوزيع الشحنة الكهربية داخل الجزيء والناتج عن الطريقة التي تترتب بها بعض الذرات أن يعطي أجزاء من الجزيء شحنة موجبة، بينما تكون أجزاء أخرى أكثر سالبية، ويُعرف عدم التماثل هذا باسم القطبية الكيميائية.

لعل أشهر جزيء قطبي معروف هو جزيء الماء، فبناؤه المنحني يضع شحنة سالبة حول ذرة الأكسچين وشحنة موجبة زائدة عند ناحية التقاء ذرتي الهيدروچين، وفي الرسم الموضوع النهاية موجبة الشحنة للماء مظللة بلون رمادي فاتح، وسالبة الشحنة مظللة بلون رمادي داكن.

ولأن الماء قطبي فإن الجزيئات القطبية الأخرى تميل إلى الذوبان فيه بسهولة لتكوين

المحاليل. فالجزيئات القطبية لها القدرة أيضا على تكوين روابط مع الجزيئات القطبية الأخرى، من خلال (القوى ثنائية الاستقطاب بين الجزيئات)- حيث تتجاذب النهاية موجبة الشحنة لأحد الجزيئات مع النهاية سالبة الشحنة للجزيء الآخر والعكس صحيح.



التغير الكيميائي

التفاعل الكيميائي

تتسبب العناصر والمركبات الكيميائية المختلفة في إحداث تغيرات في بعضها البعض لتكوين مركبات جديدة، وهي عملية تُعرف باسم التفاعل الكيميائي، وأبسطها تفاعلات الاتحاد والتحلل، وفيها تتحد المواد الكيميائية معا أو تنفصل عن بعضها البعض لتكوين مركبات جديدة، لكن التفاعلات الكيميائية يمكن أن تأخذ صورا عدة، منها تفاعلات الإحتراق وتعادل الأحماض والقواعد.

وتُعرف المواد الداخلة في التفاعل الكيميائي بالمتفاعلات، بينما المواد التي تخرج منه فتُعرف باسم النواتج، وأحيانا لا تحتاج المتفاعلات سوى أن تضاف إلى بعضها البعض ليحدث التفاعل وفي أحيان أخرى تحتاج نوعا من المحفزات مثل التقليب أو التسخين كما هو الحال

في التفاعل بين البنزن والأكسجين في محرك السيارة، بل أن بعض التفاعلات قد تحتاج القليل من المساعدة الكيميائية من عامل حفاز وهو مادة تزيد من سرعة التفاعل ولكنها تبقى في النهاية دون تغيير، على سبيل المثال المحولات الحفازة في السيارات تقوم بتمرير العوادم خلال مرشح مشبع بالبلاتينيوم الحفاز، وهذا المعدن الثمين يحفز أول أكسيد الكربون السام الموجود في العوادم ليرتبط بالأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون الذي يتم إطلاقه فيما بعد ويترك البلاتينيوم دون تغيير.

طاقة التفاعل

تخزن الروابط الكيميائية طاقة، وكذلك تكوين تلك الروابط أو كسرها يؤدي إلى إطلاق طاقة أو امتصاصها على الترتيب، وتسمى التفاعلات التي تمتص طاقة باسم التفاعلات الماصة للحرارة، بينما التفاعلات التي تطلق طاقة تسمى تفاعلات طاردة للحرارة، وكما تشير اللاحقة (thermic)[1] فإن الطاقة تظهر نفسها في صورة حرارة.

وعملية البناء الضوئي مثال على التفاعلات الماصة للحرارة وفيها تمتص النباتات الحرارة من الشمس وتستخدمها في إحداث تفاعل بين ثاني أكسيد الكربون والماء لتكوين الجلوكوز والأكسجين.

ومن أمثلة التفاعلات الطاردة للحرارة تفاعلات الإحتراق- عندما تتحد المادة مع الحرارة والأكسجين لإطلاق حرارة أكبر، ويمكن قياس الطاقة الداخلة إلى التفاعل أو الناتجة منه من خلال استخدام المسعر.

ومن التفاعلات الطاردة للحرارة شديدة التفاعل، التفاعل الذي ينتج من حرق خليط من مسحوق الألومنيوم مع أكسيد الحديد (الصدأ)، ويصعب إشعال هذا المسحوق، لكن بمجرد أن تقوم بذلك فإن المتفاعلات تسخن سريعا مكونة سائلاً منصهرًا من الحديد وأكسيد الألومنيوم عند درجة حرارة 2500 درجة مئوية، ويستخدم تفاعل الثيرميت في الأجهزة العسكرية الحارقة وفي اللحام.

(1) تعني حراري.

المعادلة الكيميائية

يدون الكيميائيون المتفاعلات والنواتج الكيميائية التي تشترك في التفاعل الكيميائي على هيئة معـادلات كيميائية تُكتب باستخدام سهم تُكتب المتفاعلات على يساره والنـواتج عـلى يمينـه،وبالتالي عـلى سـبيل المثال إذا كان المركبان (A)،و(B) يتحدان معا لتكوين مركب ثالث (C)، فإن التفاعـل يكتـب: ($A + B \rightarrow C$) .

وإذا كان التفاعل قابل للعكس ذلك يعني إنه يمكن أن يتم في الاتجاه المعاكس أيضا وبالتـالي يـستخدم سهم مزدوج ($A + B \leftrightarrows C$)؟

قياس اتحاد العناصر

تتحدد النسب بين المتفاعلات والنواتج في التفاعلات من خلال فرع من فروع الكيميـاء يـسمى (قيـاس اتحاد العناصر)، وأحيانا يضم التفاعل أكثر من جزيء واحد من المتفاعلات، على سـبيل المثـال المعادلـة ($Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$) تصف تكوين أكسيد الألومنيوم إلا أنها معادلة غير متزنـة - يـدخل التفاعـل ذرة مـن الألومنيوم وذرتان من الأكسچين، لكن يخرج منه ذرتان مـن الألومنيـوم، وثـلاث ذرات مـن الأكـسچين، والصورة المتزنة لهذه المعادلة هي ($4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$).

وتشير الأعداد المكتوبة أمام كل عنصر إلى عدد الجزيئات الداخلة في التفاعل من كل عنـصر مـشترك في التفاعل - والآن أصبح هناك كميات متساوية من كل عنـصر عـلى كـلا الجـانبين ويقـال للمعادلـة أنهـا متزنة، ويطلق على تلك الأعداد اسم معاملات قياس اتحاد العناصر، والمركب النقـي هـو المركـب الـذي يتكون من متفاعلات بنسب أعداد صحيحة.

ويحدد مجال (قياس اتحاد العناصر) المخاليط المـثلى للهـواء والوقـود المـستخدم في محركـات الإحـتراق الداخلي التي تقوم بتشغيل السيارات مما يضمن وجود الكمية المناسبة من الأكسچين لإحـتراق الوقـود كلـه، أما بالنسبة للبنزن فإن نسب الهواء إلى الوقود تساوي 14.7:1.

تفاعلات الاتحاد والتفكك

تفاعـل الاتحـاد هـو أبـسط أنـواع التفاعـل الكيميـائي، ويُعـرف أيـضا باسـم تفاعـل التركيـب،

وفيه تكون المتفاعلات عنصرين أو مـركبين كيميـائيين أو أكـثر تـرتبط معـا مـن خـلال تكـوين روابـط كيميائية - لتكوين ناتج واحد. أما تفاعلات التفكك فهي العملية العكسية، حيث يتفكك متفاعل واحد إلى ناتچين أو أكثر، وغالبا يحدث ذلك بفعل بعض أنواع المحفزات مثل التسخين أو تمرير تيار كهـربي، فعلى سبيل المثال تمرير تيار كهربي خلال الماء يؤدي إلى حدوث نوع من التفكك يُعرف باسم (التحليـل الكهربي) فيه يعمل التيار على تفكيك جزيئات الماء إلى هيدروچين أكسچين والمعادلة الكيميائية المعبرة عن هذا التفاعل هي:

$$(2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2)$$

الأكسدة والاختزال

يُعرف التفاعل الذي يؤدي إلى إضافة أو إزالة إلكترونات من ذرات المتفاعلات أو جزيئاتها باسم تفاعـل الأكسدة والاختزال وهو اختصار ل(أكسدة-اختزال)

الأكسدة تحديدا هي فقد إلكترونات، بينما الاختزال يشير إلى اكتساب إلكترونات، ويحدث التفاعلان معـا لينتج عنهما انتقال إلكترونات من عنصر أو مركب إلى آخر، فعلى سبيل المثال يحـدث تفاعـل الأكـسدة بين الهيدروچين (H2)، والفلور (F2) لتكوين فلوريـد الهيـدروچين الـذي لـه الـصيغة الكيميائيـة (HF)، والمعادلـة الكيميائيـة المعـبرة عـن هـذا التفاعـل هـي ($H_2 + F_2 \rightarrow 2F$) ويمكـن تقـسيمها إلى أكـسدة الهيدروچين ($H_2 \rightarrow 2H + + 2e-$) واختزال الفلور. ($2F- + 2H^2 2F^-$) وسميت الأكـسدة بهـذا الاسـم لأنـه كان من المعتقد في الأصل أن الأكسچين فقط هو القادر على إحداث هذا النوع مـن التغيـير الكيميـائي، وبالمثل كلمة اختزال تشير إلى نضوب الأكسچين عند حدوث التفاعل.

والآن هنـاك مؤكـسدات معروفـة أخـرى مثـل الفلـور والكلـور، بالإضـافة إلى المـواد المختزلـة مثـل الهيدروچين. وصدأ الحديد عملية أكسدة فيها تنتقل الإلكترونـات مـن الحديـد إلى الأكـسچين قبـل أن يرتبط الاثنان لتكوين مركب أحمر قشري يسمى أكسيد الحديد.

الأحماض والقواعد (القلويات)

الحمــض هومركــب يحتــوي عــلى هيــدروچين بحيــث يعطــي عنــد ذوبانــه في المــاء آيونــات

هيدروچين موجبة (H+) يمكنها تكوين روابط مع مواد أخرى ويكون لها تأثير هدام عليها، والأحـماض موصلة للكهرباء ولها مذاق حامض ومر، وعلى ناحية أخرى القاعدة- يطلق عليها أحيانا (قلوي) عكس الحمض فهي تمتص آيونات الهيدروچين (H+)، وبالتالي تعمل على التقليل من حامضية المحلول.

وآيونات الهيدروكسيد سالبة الشحنة هي مثال بسيط للقواعد. وهي تتفاعل مـع آيونـات الهيـدروچين لتكوين الماء العادي ومعادلتـه الكيميائيـة: ($H^2 + OH- \rightarrow H_2O$). واتحـاد الحمـض مـع القاعـدة بهـذه الطريقة يسمى تفاعل التعادل، وعادة ينتج عن المحاليل الحمضية الأكثر تعقيـدا بعـض أنـواع الأمـلاح بالإضافة إلى الماء، على سبيل المثـال، عنـد معادلـة حمـض الهيـدروليك (HCL) باسـتخدام هيدروكـسيد الصوديوم (NaOH) يتكون ماء وملح الطعام (NaCL)

الإحتراق

الإحتراق هو أحد الأمثلة على تفاعل كيميـائي فيـه تتـسم طاقـة التفاعـل بأنهـا طـاردة للحـرارة، وتـساعد الحرارة الناتجة على استمرار التفاعل أو حتى زيادة سرعته، لكن قد يـؤدي الإحـتراق الـسريع في بعـض المواد إلى حدوث انفجار. وعادة يكون تفاعل الإحتراق صورة من صور الأكـسدة حيـث ينـدمج الوقـود القابل للاشتعال مع الأكسچين لتكوين نواتج التفاعل وحرارة. وعندما يحترق غاز البوتـان C_4H_{10} يـدخل تفاعل إحـتراق معادلتـه ($2_C4H_{10} + I_3O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$) وهـو إحـتراق خـال مـن الـدخان. وبعـض المركبات تنتج بقايـا صـلبة أو غازيـة عنـد إحتراقهـا مـما يـؤدي إلى تكـون الرمـاد، والـسخام والـسحب الدخانية -المكونة من غازات بالإضافة إلى جسيمات صلبة وسائلة، على سبيل المثـال يـشتعل مـسحوق الألومنيوم في موقد بنسن طبقا للمعادلة الكيميائية ($4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$) لتكوين جـسيمات أكـسيد الألومنيوم.

موقد بنزن

موقـد بنـزن هـوجزء أسـاسي مـن معـدات المختـبرات كثـيرة الاسـتخدام في تـسخين المخـاليط

لتحفيز التفاعلات الكيميائية - ولأغراض أخرى مثل تعقيم المعدات، وقد اخترعه عالم الكيمياء الألماني روبرت بنزن عام 1852، حيث كانت جامعته تقوم بإنشاء مبنى جديد مزود بأنابيب غاز وقرر بنزن استغلالها الاستغلال الأمثل من خلال تصميم موقد يعمل بالغاز يقوم بتوصيل لهب مناسب ساخن ونظيف وقابل للتحكم فيه ومناسب للأغراض العلمية.

ويتكون موقد بنزن من أنبوب معدني رأسي يدخل فيه الغاز من قاعدته ثم يرتفع إلى قمته حيث، يخضع لعملية الإحتراق وكانت لفتة بنزن العبقرية أن يضيف مدخلاً للهواء أسفل الأنبوب قابلاً للضبط من خلال حلقة معدنية دوارة تسمح للغاز بامتصاص الهواء قبل أن يحترق، وفي وجود أكسچين الهواء يحترق الغاز بكفاءة- معطيا لهبا أزرق كثيف ونظيفًا بلا سخام ملوث للمعدات.

وعلى النقيض من ذلك يؤدي غلق مدخل الهواء إلى وضع الموقد في وضعية الأمان- للاستخدام بين التجارب. ودون وجود وفرة من الأكسچين يكون اللهب أصفر اللون وأكثر برودة ويترك رواسب سخامية على أي أواني زجاجية موضوع عليها.

الترسيب الكيميائي

يُعرف التفاعل الكيميائي الذي يتسبب في تكوين جسيمات صلبة في السائل ثم ترسيبها في القاع باسم تفاعل الترسيب، فعند خلط محلولين معا وحدوث تفاعل كيميائي بين المذابين ينتج عنه مركب غير قابل الذوبان فإن جسيمات المركب الجديد تترك السائل.

وبعض تفاعلات الإحلال تحدث التأثير نفسه. ويسمى المركب الجديد باسم الراسب، وبمجرد استقراره تُعرف الطبقة التي تعلوه باسم (المادة الطافية).

يمكن أن يحدث الترسيب أيضا عند خلط محلول ما مع سائل فيه مذيب له ذوبانية أقل، وتُعرف تلك السوائل باسم (مضادات المذيبات)، ويجب مراعاة عدم الخلط بين الترسيب الكيميائي (Chemical precipitation) والعملية المتعلقة بالأرصاد الجوية والتي تسمى سقوط الأمطار(meteorological precipitation) التي هي اسم آخر لهطول الأمطار (rainfall).

تفاعلات الإحلال

أحيانا يتمحور التفاعل الكيميائي حول الروابط التي تربط المتفاعلات معا أكثر من تمحوره حول المواد الكيميائية نفسها. ففي تفاعل الإحلال يحدث تبادل بين الروابط الموجودة بين المادتين المتفاعلتين لتكوين مركب جديد، ومن أمثلة ذلك التفاعل الذي يعبر عنه بالمعادلة الكيميائية: ($N_aCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl + NaNO_3$) وفيها يتبادل كل من كلوريد الصوديوم ونترات الفضة الروابط لتكوين كلوريد فضة ونترات صوديوم.

وتشتمل تفاعلات الإحلال على جزيئات مرتبطة معا بروابط آيونية- فيها ترتبط أزواج الآيونات معا بفعل تجاذب الشحنات المتعاكسة كهربيا. وتحدث التفاعلات عندما تصبح الأيونات التي تتكون منها المادتان المتفاعلتان أكثر استقرارا من خلال كسر روابطهما الآيونية وتكوين روابط مع آيونات مختلفة من متفاعل آخر.، وتظهر تفاعلات الإحلال في تفاعلات الترسيب الكيميائي وتعادل الأحماض والقواعد.

الاتزان الكيميائي

عندما يحدث تفاعل كيميائي قابل للإنعكاس - وهو تفاعل يشار إليه بسهم مزدوج في معادلته الكيميائية - بالمعدل نفسه في الاتجاهين وتظل كميات المتفاعلات والنواتج ثابتة مع الزمن يقال لهذا التفاعل إنه في حالة اتزان كيميائي.

وإذا اختل اتزان التفاعل الكيميائي لأي سبب، فإن معدل التفاعل سيزداد في الاتجاه اللازم لمعالجة هذا الخلل، لنقل على سبيل المثال أن التفاعل($A+B \Leftrightarrow C$) وصل إلى حالة إتزان، والآن إذا قام أحدهم بإضافة كمية من المركب (C) والذي يؤدي إلى اختلال

الإتزان، فإن معدل التفاعل من اليمين إلى اليسار سيزداد محولا (C) إلى (A + B) بمعدل أسرع من إعادة تحولهما وتستمر هذه العملية حتى يتحقق الإتزان مجددا- فيما يُعرف بمبدأ لوشاتلييه.

الشوارد الحرة

تميل الإلكترونات التي تدور حول الذرات والجزيئات إلى الاقتران بإلكترونات أخرى لها كم مغزلي معاكس، والشوارد الحرة هي مجموعة من الذرات والجزيئات التفاعلية للغاية لديها إلكترونات غير مقترنة في غلاف التكافؤ الإلكتروني. وميل هذا الإلكترون إلى الارتباط مع إلكترونات عناصر كيميائية ومركبات أخرى هو ما يجعل الشوارد الحرة تفاعلية إلى هذا الحد.

وفي الواقع تساهم الشوارد الحرة في بعض التفاعلات الكيميائية الهدامة بما فيها تفاعلات الإحتراق، وتلف المواد الغذائية،واستنفاذ الأوزون من الغلاف الجوي للأرض، ومن أمثلتها ثنائي الأكسجين (O_2) وآيون الهيدروكسيل (OH^-). أما في الأحياء فتعتبر الشوارد الحرة أحد مسببات عملية التقدم في العمر، وهي متورطة في ظهور الخرف، والسرطان والعديد من الأمراض الأخرى. ويمكن التصدي لتأثير الشوارد الحرة على الجسم باستخدام مضادات الأكسدة، وهي مواد كيميائية تمتص الشوارد الحرة وتمنعها من تفاعلات الأكسدة في الجسم التي تنتجها، ومن أمثلة مضادات الأكسدة فيتامين (E) وبيتا كاروتين والبولي فينول الموجود في النبيذ والشوكولاتة.

التحليل الكيميائي

الكيمياء التحليلية

عندما يقابل علماء الكيمياء مركبا أو محلولا كيميائيا غير معروف، كيف يحاولون اكتشاف ما بداخله؟ هنا تكمن نقطة تلاقي الكيمياء مع العلم التجريبي -ويطلق على ذلك اسم الكيمياء التحليلية. وبوجه عام نجد أن الكيمياء التحليلية عملية ذات مرحلتين: المرحلة الأولى هي التحليل النوعي وهو يتضمن تطبيق اختبارات كيميائية عامة لتحديد تكوين

المادة المجهولة بشكل عام؛ وكيف تبدو؟ ما لونها؟ هل هي حمض أم قاعدة؟ هل تخضع لتفاعل الإحتراق عند تسخينها، وإذا كان ذلك يحدث ما اللون الذي تحترق به؟ كل هذه الاختبارات- واختبارات أخرى- تتيح للكيميائيين تكوين صورة عن ماهية العناصر والمركبات الكيميائية الموجودة، وعند تحديد الوفرة النسبية لهذه العناصر والمركبات- تأتي المرحلة الثانية وهي التحليل الكمي، يهدف إلى تطبيق اختبارات كيميائية محددة- مثل المعايرة، وقياس الوزن،و(مقياس الطيف)- لتحديد النسب الفعلية للعنصر الموجود. ويشار للمادة موضع القياس في مثل تلك العمليات باسم (الحليل).

مؤشر الأس الهيدروجيني

المؤشرات هي مواد كيميائية تستخدم لاختبار وجود الأحماض والقواعد في المحلول، والمؤشر/ المعيار القياسي للحامضية أو القاعدية، هو مؤشر الأس الهيدروچيني للمحلول والذي يرمز إلى (قوة الهيدروحين)، ويقاس على مقياس لوغاريتمي يُعرف على إنه ($\log_{10}c$) حيث ($\log_{10}c$) هو العملية العكسية لرفع 10 للقوة(C بالتالي فإن لأي متغير (X) فإن ($\log_{10}(10^x) = x$)(وفي هذه الحالة يكون العدد (C) هو كمية آيونات الهيدروچين الموجبة (H^+)الموجودة في 10 سم مكعب من المحلول مقاسة بالمولات.

للمياه مؤشر أس هيدروچيني متعادل قيمته 7، أما (مؤشر الأس الهيدروچيني) الأقل من 7 يدل على حمض، بينما الأكبر من 7 يدل على قاعدة.

ويمكن قياس مستوى الأس الهيدروچيني للمحلول كهربيا أو باستخدام مؤشر كيميائي، وهو محلول يتغير لونه استجابة لوجود أحماض أو قواعد- تحول الأحماض لون المؤشر إلى اللون الأحمر بينما تحوله القواعد إلى اللون الأزرق.

وهذه المؤشرات هي مجموعة متنوعة من مواد كيميائية عديدة-على الرغم من أن العصارة التي نحصل عليها عندما يتم نقع الخس الأحمر في الماء المغلي لمدة 20 دقيقة يعتبر بديلا جيدا.

التحليل الوزني

من الأساليب الكمية في التحليل الكيميائي التحليل الوزني المستخدم في تحديد كتلة المذاب في المحلول أو معلق، ويتم من خلال استخلاص المذاب في صورة صلبة سواء فيزيائيا أوكيميائيا ثم قياس وزنه. وفي حالة المعلق أوالغرواني يستخلص عن طريق الترشيح، وبالنسبة للمحاليل فإن تفاعلات الترسيب الكيميائي تستخدم غالبا لإخراج (المذاب) من المذيب، وقد يتضمن ذلك إضافة مركب آخر لعمل مذيب جديد يكون المذاب غير قابل للذوبان فيه. وبمجرد تجميع الجسيمات الصلبة يتم غسلها لإزالة الشوائب، ثم تجفيفها بالحرارة، ثم أخيرا قياس وزنها باستخدام ميزان عال الدقة. التحليل الوزني بسيط لكنه عملية فعالة لا تتطلب معدات باهظة.

المعايرة

المعايرة طريقة لتحديد تركيز عنصر أو مركب كيميائي في محلول عن طريق إضافة مادة كيميائية تفاعلية وملاحظة المقدار المطلوب إضافته من المادة الكيميائية قبل اكتمال التفاعل. على سبيل المثال التفاعل الكيميائي الذي يعبر عن معادلة حمض الهيدروليك مع هيدروكسيد الصوديوم لتكوين الماء والملح يعطى بالمعادلة الكيميائية ($HCl + NaOH \rightarrow H_2O + NaCl$).

لنقل أن لدينا كوبا من حمض الهيدروليك مجهول التركيز يمكن لعالم الكيمياء تحديد التركيز من خلال تنقيط محلول هيدروكسيد صوديوم معلوم التركيز وملاحظة متى يصل التفاعل إلى نقطة نهايته، ومن معادلة التفاعل نجد أن كميات - وهي عدد جزيئات- حمض الهيدروليك (HCL) وهيدروكسيد الصوديوم (NaOH) يجب أن تكون متساوية

عند نهاية التفاعـل. ويحـسب عـدد جزيئـات حمـض الهيـدروليك في الكـوب مـن خـلال قيـاس حجـم هيدروكسيد الصوديوم الذي أضيف وضربه في التركيز، وبالتالي إذا كان تركيز هيدروكسيد الصوديوم.05 مول لكل لتر، ويجب تنقيط 0.025 لترا منه في حمض الهيدروليك فإن عدد جزيئات حمض الهيـدروليك، في الكوب، هو 0.0125=0.5×0.025 مول، وإذا كان حجم محلـول حمـض الكبريتيـك 0.5 لـتر فـإن تركيـزه يمكن أن يحسب من خلال 0.05/0.0125=.0. 25 لتر/مول

وأثناء عملية المعايرة يصل المتفاعل من خلال سحاحة- وهي أنبـوب زجـاجي طويـل بـه محـبس عنـد قاعه وتدريجات على جانبه لتسهيل قياس الحجم، أما الجزء الصعب في المعايرة هو حساب متى يـصل التفاعل إلى نقطة نهايتـه، ويـتم ذلـك عـادة مـن خـلال إضـافة مـؤشر إلى الحليـل - مثـل مـؤشر الأس الهيدروجيني- يتغير لونه عند اكتمال التفاعل.

قياس درجة الغليان

يسمى قياس نقطة الغليان لمحلول مـا بهـدف تحديـد الـوزن الجزيئـي للمـذاب باسـم (قيـاس درجـة الغليان)، فإذابة أي مادة في مذيب سيرفع من نقطة غليانهـا- أي درجـة الحـرارة التـي عنـدها يتحـول المذيب إلى بخار. ويطلق الكيميائيون على هذه الظاهرة اسم ارتفاع نقطة الغليـان. وعنـد رفـع درجـة حرارة السائل حتى تصل إلى نقطة الغليان تهرب ذراتها أو جزيئاتها من سـطح الـسائل في صـورة غـاز، لكن جسيمات المذاب تعرقل طريق هروب الغاز مما يؤدي إلى إعادته إلى السائل مرة أخرى.

لابد أن تثار طاقة الجسيمات لتتحرك بقوة وتهرب، ويتم ذلك من خلال زيادة درجة الحـرارة ويـستدل العلماء على عدد جسيمات المذاب الموجـودة مـن خـلال الزيـادة الناتجـة في نقطـة الغليـان.والخطـوة الأخيرة هي قياس فرق الكتلة بين المحلول والحجم نفسه من المـذيب الخـالص الـذي يعطـي وزن كـل جسيم عند إضافته إلى عدد جسيمات المذاب.

قياس الطيف

يجـرى قيـاس الطيــف باســتخدام جهــاز يــسمى المطيــاف، والــذي يقــيس التركيــب الكيميــائي

لعينة من خلال قياس سطوع الضوء الذي تطلقه عند أطوال موجية مختلفة. ويمتص كل مركب أو عنصر كيميائي الضوء عند أطوال موجية معينة تتوافق مع فجوة الطاقة بين مختلف أغلفته الإلكترونية، وبالمثل عند تسخين عينة ما يمكن أن تتوهج وتطلق إشعاعات عند الطول الموجي الذي يناظر فجوة الطاقة بين اثنين من مستويي أغلفتها الإلكترونية. وعند رسم كثافة الضوء لعينة ما مع طولها الموجي يظهر كل من الامتصاص والانبعاث على هيئة قيعان وقمم على الترتيب وتناظر أنماط مختلفة للقيعان والقمم عناصر ومركبات معينة بشكل فريد.

التقطير

إحدى الطرق المستخدمة لفصل المكونات السائلة لمخلوط هي التقطير، وهي عملية تعتمد على حقيقة أن السوائل المختلفة لها نقاط غليان مختلفة، وبمجرد معرفة الكيميائيين للسوائل الموجودة يمكنهم تسخين الخليط حتى نقاط الغليان الخاصة بتلك السوائل على الترتيب، وتجميع البخار الناتج ثم تكثيفه مجددا ليصبح سائل بالتبريد.

ويستخدم التقطير لإنتاج المشروبات الروحية مثل الويسكي، وهذا ممكن لأن الكحول يغلي عند درجة 78.5 مئوية وفي الوقت نفسه تستخدم محطات الهندسة الكيميائية نوعا من التقطير لتكرير النفط الخام.

علم البلورات

تحديد البنية بين الذرية وبين الجزيئية للمادة الصلبة هو أحد مجالات الكيمياء التحليلية، ويُعرف باسم علم البلورات، ويمكن للذرات والجزيئات أن ترتبط بطرق مختلفة مما يعطي المادة الناتجة خصائص مختلفة تماما، وأبسط البنى لها تكوين مكعب فيه تشكل الذرات أو الجزيئات نقاط التقاء شبكة ثلاثية الأبعاد مكونة من خطوط أفقية رأسية.

وهناك تنويعات أكثر تعقيدا مثل المكعب مركزي الجسم، والمكعب مركزي الوجه والمزيد.

ويستدل علماء علم البلورات على هذه البنى عن طريق إطلاق إشعاع ذي طول موجي

قصير خلال العينة- مثل أشعة إكس أوجسيمات دون ذرية مثل النيوترونات والإلكترونات (التي لها طول موجي مؤثر بسبب ازدواجية الموجة- الجسيم)

وتعمل المسافات المنتظمة بين الذرات والجزيئات في المادة الصلبة بمثابة (محزز حيود)، بحيث تشكل الإشعاعات المنبعثة، أو الجسيمات نمط حيود مكون من نقاط مضيئة ونقاط مظلمة تكشف عن شكل البنية الداخلية.

التمييز اللوني

التمييز اللوني هو وسيلة لفصل المواد المذابة المختلفة من محلول ما، وتنفذ من خلال تمرير المحلول على عمود طويل معبأ بجسيمات صلبة. تتشبث المواد الكيميائية بالجسيمات بدرجات متفاوتة في عملية تُعرف باسم (الإدمصاص). وأثناء صب المحلول داخل العمود عند قمته ثم دفعه إلى أسفل باستخدام مزيد من المذيب، تستغرق المواد الكيميائية التي تقوم الجسيمات بإدمصاصها بشدة وقتا أطول للانسياب أسفل العمود، والعكس صحيح، فالمواد الكيميائية التي تعاني إدمصاصا أقل تتحرك إلى أسفل بشكل أسرع وتصل إلى القاع أولا، وبهذه الطريقة يمكن فصل المكونات الكيميائية المختلفة وتحليل مركباتها الكيميائية باستخدام المطياف مثلا.

يأتي اسم (التمييز اللوني) من التجربة التي أجراها عالم النبات (ميخائيل تسفيت) الذي اخترع هذه الوسيلة عام 1906، حيث قام بتمرير أصباغ نباتية في عمود تمييز لوني ووجد أنها تنفصل إلى مجموعات ذات ألوان مختلفة في طريقها إلى أسفل، وبالإضافة إلى التحليل يمكن استخدام التمييز اللوني لفصل أو تنقية المركبات قبل استخدامها في عمليات كيميائية أخرى، وهناك متغير يسمى غاز التمييز اللوني يمكن استخدامه لفصل مكونات المخاليط الغازية.

قياس السعرات الحرارية

هو أحد فروع الكيمياء التحليلية التي تحدد كمية الحرارة الناتجة أو الممتصة أثناء التفاعل الكيميائي، وتقاس الطاقة باستخدام جهاز يسمى المسعر؛ الخيار الأكثر شيوعا في

الاستخدام في المختبرات هو ذلك المسمى (بالمسعر القنبلي) والذي يتكون من غرفة محكمة الغلق (القنبلة) تحدث فيها التفاعلات، وتنغمس القنبلة في وعاء ماء معزول ويعمل نظام عن بُعد على تمكين من يؤدي التجربة من بدأ التفاعل بالداخل

وتقوم الطاقة الناتجة أو الممتصة بتسخين أو تبريد الماء وينتج عن ذلك ارتفاع أو انخفاض في درجة الحرارة يمكن قياسها باستخدام ترمومترات دقيقة، ويتمكن الكيميائيون من حساب الفرق الكلي في الطاقة من خلال السعة الحرارية للماء والمعروفة جيدا.

التحليل الكهروكيميائي

تعمل البطارية باستخدام قطبين مصنوعين من مواد مختلفة يفصل بينهما سائل موصل يسمى إلكتروليت، وتتسبب التفاعلات الكيميائية بين الإلكتروليت ومعادن القطبين في سريان تيار كهربي، ويعمل التحليل الكهروكيميائي من خلال استبدال مادة مجهولة بالإلكتروليت - ويستخدم السلوك الكهربي الناتج للخروج باستنتاج حول خواص المادة المجهولة.

يتكون التحليل الكهروكيميائي من اختبارات مثل، قياس الجهد بين قطبين أو قياس التيار الكهربي الذي يسري خلال المذاب أو تطبيق تيار كهربي عليه لبدء تفاعل أكسدة واختزال.

مختبر على رقاقة

لقد أتاح تصغير الأجهزة الذي نتج عن مجالات مثل الهندسة الجزيئية، والرقاقات الدقيقة، وجود أجهزة تقوم باختبارات الكيمياء التحليلية حجمها بضع سنتيمترات مربعة، وهذه التقنية التي تُعرف باسم (مختبر على رقاقة) يمكنها تحليل أصغر حجوم السوائل والتي قد تصل أحيانا إلى أصغر من البيكولتر، ويمكن لهذه المختبرات ضئيلة الحجم أن تؤدي مهاما مثل تحديد تركيب عينة ما وإجراء فحوصات على سوائل الجسم البشري - مثل الدم، واللعاب، والبول- بحثا عن العلامات الحيوية التي تنذر بحدوث أمراض مثل الأنفلونزا، والسرطان.

المقياس المجهري لهذه الأجهزة يعني أن عهد إجراء اختبارات كيميائية تستلزم أجهزة

ضخمة في مختبرات غير قابلة للتنقل قد ولّى، فبإمكان جهاز كمبيوتر محمول موصل بقطع من المعدات يمكن حملها باليد أن يجري آلاف الاختبارات بكل ما تحمله الكلمة من معنى- وفي الوقت نفسه إذا دعت الحاجة

أجهزة تقنية مختبر على رقاقة مفيدة للمسافرين والعلماء الميدانيين الذين يعملون في مناطق نائية ومفيدة للمسبارات الكوكبية التي تبعث لاستكشاف العوالم البعيدة.

القياسات الكيميائية

يسهل على الملاحظ البشري إدراك العلاقة بين واحدة أو اثنين من متغيرات البيانات في تجربة كيميائية ما وليكن درجة الحرارة وتركيز المحلول ومعدل حدوث التفاعل الكيميائي - لكن عند وجود مئات بل ربما آلاف المتغيرات يعجز العقل البشري عن أداء مثل تلك المهام، وهنا تتدخل الأنظمة المبنية على الكمبيوتر - مثل التنقيب عن البيانات التي تستخدم في مكتبات البيانات الكيميائية.

وتكمن الفكرة في استخدام أجهزة الكمبيوتر في البحث عن الارتباطات بين البيانات والخصائص الملاحظة للمواد الكيميائية وتفاعلاتها، مما يعطي الكيميائيين رؤى إضافية عندما تواجههم أنماط مشابهة في البيانات المجمعة حديثا، وقد استخدم باحثو القياسات الكيميائية في جامعة بريستول بإنجلترا هذا الأسلوب لاكتشاف درجة ارتباط احتمالية تورط شخص ما في جريمة ببقايا المخدر الموجودة على النقود الورقية الموجودة في جيبه، وبالفعل استخدم ما توصلوا إليه في المحاكمة.

الكيمياء الفيزيائية

الكيمياء الحرارية

كيف تؤثر الحرارة في التفاعلات الكيميائية؟

يُعرف مجال تفاعل درجات الحرارة مع الكيمياء باسم الكيمياء الحرارية، يمكن لتسخين مادة ما أن يؤدي إلى كسر الروابط بين الجزيئات، مما يؤدي إلى حدوث انتقالات طورية بين

المواد الصلبة والسائلة والغازية - أي الذوبان والغليان، ويمكن أن يؤدي التسخين المفرط إلى كسر الروابط داخل الجزيئات مما يؤدي إلى تحول الجزيئات إلى ذرات مفردة- الماء المسخن أكثر من 3000 درجة مئوية يبدأ في التفكك إلى هيدروچين وأكسچين.

وتستخدم الكيمياء الحرارية في حساب خصائص مثل الحرارة الكامنة، والسعة الحرارية ودرجة الحرارة التي عندها تخضع المادة للإحتراق، وجميعها من الكميات الكيميائية المهمة، ويستخدم علماء مجال الكيمياء الحرارية قياس (السعر الحراري) الكالوري في العمل التجريبي.

الكيمياء الضوئية

تتلاشى الدهانات والأحبار والصبغات بفعل التعرض المستمر لضوء الشمس، ومن أمثلة الكيمياء الضوئية تفاعل الذرات والجزيئات مع الإشعاع الكهرومغناطيسي، فبالطريقة نفسها التي تستطيع بها الحرارة بدء التفاعلات الكيميائية وتسريعها يمكن لامتصاص فوتونات الضوء أن يرفع الإلكترونات إلى أغلفة إلكترونية أعلى، كرد فعل مما يؤدي إلى زيادة فاعليتها-

وتستطيع الفوتونات النشطة أيضا تكسير الروابط الكيميائية مما يؤدي إلى تقسيم الجزيئات إلى مكوناتها، لكن هذا لا يحدث بفعل الضوء المرئي - يمكن للموجات تحت الحمراء، وفوق البنفسجية، وأشعة أكس والموجات الراديوية أن تؤثر على العمليات الكيميائية.

وتصف الكيمياء الضوئية عملية البناء الضوئي التي يقوم النبات من خلالها باستخلاص الطاقة من أشعة الشمس- وكذلك التصوير الفوتوغرافي. حيث يصنع الفيلم الفوتوغرافي عن طريق طلائه بالبلاستيك مع هاليدات الفضة، وهو مركب يخضع للتفاعل الكيميائي عند تعرضه للضوء، مما يؤدي إلى تحول بعض الهاليدات إلى ذرات الفضة وآيوناتها، وبهذه الطريقة يقوم الضوء بطباعة الصورة الباهتة على الفيلم والتي يتم تكبيرها عند تحميض الفيلم، والأسلوب التحليلي للتحليل الطيفي هو أحد المجالات المترتبة على الكيمياء الضوئية.

كيمياء الكم

تتسبب حركة الإلكترونات والتفاعلات بينها- وبين الذرات والجزيئات في حدوث التفاعلات الكيميائية، وهي عملية تحكمها قوانين نظرية الكم، واستخدام نظرية الكم في الوصول إلى تنبؤات كيميائية هو مجال يطلق عليه كيمياء الكم، وتصف قوانين الكم الإلكترونات حول نواة الذرة باعتبارها كيانات موجية، بحيث تعطي قمم الموجات المواضع التي تزيد فيها احتمالية تواجد الإلكترونات.

وتتنبأ النظرية بمستويات الطاقة والأغلفة الإلكترونية التي تشغلها الإلكترونات، وهذا بدوره يؤدي إلى التنبؤ بالكميات الفيزيائية، مثل مدى تفاعلية الذرة، ومقدار الطاقة الممتصة للتخلص من إلكترون لتكوين آيون، وحتى المفاهيم البسيطة مثل حجم الذرة أو الجزيء.

ذرة الهيدروچين قطرها يساوي حوالي (0.1 nm) حيث (nm) هو وحدة النانومتر- وقطر ذرة الأكسچين 1.2 nm وعند ارتباط ذرتين هيدروچين مع ذرة أكسچين فإن الناتج يكون جزيء ماء قطره 0.278 نانومتر

وتدعم كيمياء الكم أيضا مجموعات بنية الجدول الدوري للعناصر الكيميائية ودوراته.

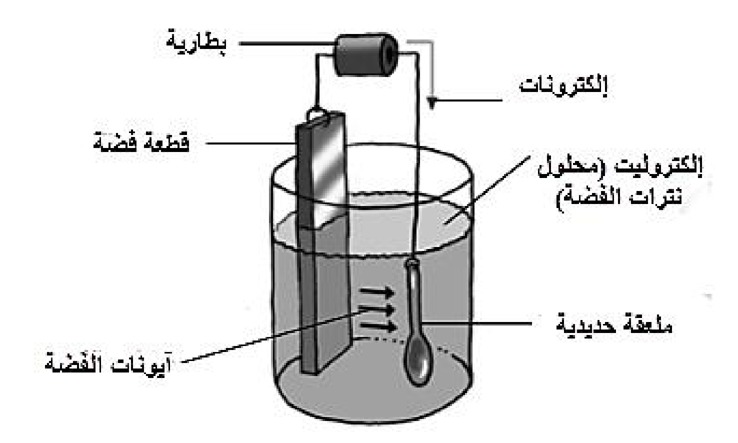
الكيمياء الكهربية

الكيمياء الكهربية هوتخصص يشترك مع الكيمياء التحليلية في كثير من الأشياء، فهو يتعامل مع التفاعلات الكيميائية للمحاليل الإلكتروليتية مع المعادن الموصلة. ومن الأمثلة على الكيمياء الكهربية البطارية الكهربية التي تعمل من خلال تفاعلات أكسدة والاختزال.

ويصنع قطبي البطارية من معدنين مختلفين - الخارصين والنحاس هما الاختياران الشائعان. حيث يتفاعل الخارصين مع الإلكتروليت الحامضي من خلال الأكسدة، مما يؤدي إلى فقدان المعدن لإلكترونات، فيصبح مشحونا شحنة موجبة، والعكس في النحاس الذي يتفاعل مع الإلكتروليت خلال الاختزال، مما يؤدي إلى اكتسابه لإلكترونات، فيصبح مشحونا شحنة سالبة، ثم يسري تيار كهربي خلال أي موصل يربط بين القطبين الموجب والسالب.

أما الطلاء الكهربي فهو عملية كهروكيميائية بهدف طلاء المعادن، وتنفذ باستخدام الترتيبات نفسها لكن مع تطبيق مصدر جهد خارجي عبر القطبين المعدنيين، واستخدام قطعة من الفضة وملعقة حديدية كقطبين معلقين في إلكتروليت من نترات الفضة، يؤدي إلى تكون طبقة رقيقة من طلاء الفضة على الحديد

وتتكون آيونات الفضة من خلال تفاعل الأكسدة والتي يتم بعد ذلك توصيلها كهربيا من خلال الإلكتروليت، ثم ترسب على الحديد عن طريق تفاعلات الاختزال- وبذلك نحصل على ملعقة مطلية بالفضة، والجلفنة- طلاء المعادن بالخارصين لحمايتها من التآكل- تطبيق آخر لهذه العملية.



الكيمياء الصوتية

يسمى تفاعل الموجات الصوتية مع الأنظمة الكيميائية باسم الكيمياء الصوتية، ومن الناحية العلمية، ليست موجات الصوت نفسها هي التي تتفاعل مع العناصر الكيميائية، بل الطاقة التي تنطلق أثناء انهيار الفقاعات الموزعة في المحلول بفعل مرور الصوت، وهي عملية تُعرف باسم الخلخلة، ويحدث ذلك عندما تقوم موجة الصوت لفترة وجيزة بتقليل ضغط حجم صغير من السائل إلى حد كاف لتبخيره مما يؤدي إلى تكون فقاعات غازية، ثم تنهار هذه الفقاعات فيما بعد بفعل تأثير فوق صوتي، فتحث الموجات الصادمة التي تعمل على تسخين السائل وضغطه، وهذه التأثيرات هي التي بإمكانها التأثير في التفاعلات الكيميائية، والموجات فوق الصوتية هي المصدر الرئيسي لموجات الصوت في الكيمياء

الصوتية التي تنقل صوتاً عالي الشدة- يمكنه حث الخلخلة- في المحاليل، ويكون تردد الصوت مساويًا لعدة عشرات من الكيلوهيرتز وهو أعلى من أعلى تردد يمكن أن تسمعه أذن شاب-20 كيلوهرتز.

وإحدى الظواهر التي تحير علماء الكيمياء الصوتية هي ظاهرة الضيائية الصوتية، وفيها تطلق الفقاعات التخلخلية المنهارة ومضات ضوئية خافتة

ويحدث نوع من التفاعل بين الفقاعات والبنية الإلكترونية للجزيء في السائل لتكوين الضوء- لكن أحدًا لم يتأكد من ذلك حتى الآن.

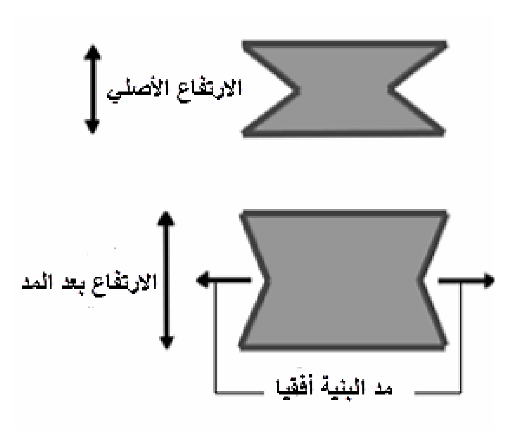
كيمياء المواد

المواد الغروية

يُعرف المخلوط السائل الذي يحتوي على جسيمات صلبة أكبر من الجزيئات المنفردة لكنها صغيرة بما لا يسمح بغرقها باسم المادة الغروية، وعلى عكس المحلول، فإن تمرير المادة الغروية خلال مرشح سيؤدي إلى فصل الجسيمات من السائل ومن المواد الغروية الشائعة الدم والحبر، ويُعرف الجزء السائل من المادة الغروية باسم الوسط المستمر، بينما الجسيمات الصلبة تسمى الوسط المشتت.

وهناك أنواع أخرى من المواد الغروية لا يكون فيها أي من الوسطين سائلا- أو صلب، وعلى سبيل المثال المستحلب فيه كلا الوسطين سائل- مثل اللبن(قطرات دهنية في الماء) وكذلك بعض الدهانات، بينما الأيروسولات فهي نوع آخر من المواد الغروية مكونة من جسيمات صلبة مشتتة في غاز، أما الرغوة فهي تتكون من غاز مشتت في سائل متصل، وفي الحقيقة، النوع الوحيد غير الموجود هو النوع الذي يكون فيه الغاز مشتتا في غاز آخر، لأن كل الغازات يمكنها أن توجد مخلوطة مع بعضها البعض بحرية.

مواد الأوكسيتيك



قم بمد كتلة من مادة صلبة ومن شأنك أن تتوقع أن تصبح هذه الكتلة أقل سمكًا عند المنتصف كلما حاولت سحبها، لكن الأمر ليس كذ في حالة مواد الأوكسيتيك الصلبة - فهذه المواد الصلبة تصبح أكثر سماكة كلما قمت بمدها.

والسر وراء صنعها هوهندسة الروابط بين الجزيئات بحيث تتمدد بنيتها في اتجاه عمودي على اتجاه الشد.

تخيل أن كل خط على الرسم الموضح أمامك هوطول الخشب وأن هناك مفصلة عند كل ركن، فإذا قمت بسحب هذه البنية للخارج في اتجاه أفقي، فإن الأطوال الأفقية والرأسية تتحرك عند القمة والقاع حركة رأسية للخارج.

الآن استبدل الروابط بين الجزيئات بهذه القطع الخشبية، والجزيئات بالمفصلات، وبذلك يصبح بإمكانك رؤية كيف تبدوتغيرات مواد الأوكسيتيك في أصغر النطاقات.

لايزال مجال مواد الأوكسيتيك في بواكيره، لكن هناك بالفعل معادن وجزيئات كبيرة من صنع الإنسان معروفة بإظهارها لسلوك مواد الأوكسيتيك، والتطبيقات المستقبلية المتاحة لمثل هذه المواد المذهلة من الممكن أن تشمل الدروع الواقية للبدن، والأنابيب التي يمكن فتحها ببساطة عن طريق سحبها، ومواد بناء تقوم بمعالجة الشروخ ذاتيا.

منشطات السطح

اغسل نافذتك وسيؤدي التوتر السطحي للماء إلى انكماش الماء على الزجاج إلى حبيبات مستديرة تاركة بعض الأماكن الجافة. ومنشط السطح هومادة كيميائية تقلل من التوتر السطحي للماء والسوائل الأخرى مما يتيح لها الانتشار لتكوين طبقة متساوية على الزجاج.

ولهذا السبب تستخدم منشطات السطح في المنظفات، حيث يعزز تقليل التوتر السطحي قدرة الماء على بلل الأسطح التي تلامسها.

منشط السطح (Surfactant) هو اختصار لكلمة (surface active agent) وتعني (عامل السطح النشط) وهو يتكون من جزيئات ممدودة تنجذب إحدى نهايتيه إلى الماء (محب للماء) بينما الطرف الآخر يتنافر مع الماء (كاره للماء)، وعند إضافة منشط السطح إلى الماء تكوِّن الجزيئات طبقة على السطح بحيث تشير أطرافها المحبة للماء إلى الماء بينما تشير الأطراف الكارهة للماء للخارج، وعند عدم وجود ماء على السطح لإحداث توتر سطحي يصبح السائل قادرا على الانتشار ويغطي زجاج نافذتك بالتساوي، وتشمل منشطات السطح المستخدمة في المنظفات كبريتات لوريث الصوديوم والبيتين كوكاميدو..

السبائك

السبيكة هي خليط من معدن مع عنصر أو مركب كيميائي آخر تم تكوينه، بحيث يعطي خواصًا هندسية مرغوبًا فيها. وإذا كانت السبيكة مكونة من معدنين، فإن كلا المكونين يتم تحويله أولا إلى الحالة المنصهرة ثم خلطه لتكوين محلول يتصلب بعد ذلك، فسبيكة النحاس هي سبيكة من النحاس والخارصين وتصنع بهذه الطريقة، وبعض السبائك تتكون من فلز ولا فلز فالصلب على سبيل المثال مكون من خلط الحديد (معدن) مع كمية متحكم بها بدقة من الكربون (لافلز).

وفي حين أن الفلزات النقية لها نقطة ذوبان محددة بدقة فهذا لا ينطبق على السبائك فهي عادة لها مدى من درجات الحرارة فيها تصبح أكثر ليونة.

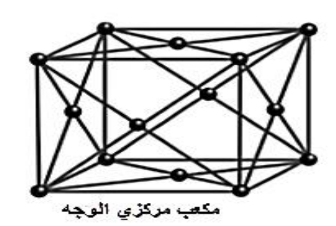
وعلى الرغم من تحول المكون الذي له أقل نقطة انصهار إلى سائل، فإن السبيكة لا تنصهر بالكامل إلا عند ارتفاع درجة الحرارة إلى درجة أعلى من ذلك، والسبائك مصممة بهدف مقصود حيث تضاف عناصر ومركبات مختلفة لمنحها الخصائص المناسبة مثل قوة الشد ومقاومة التآكل والمرونة.

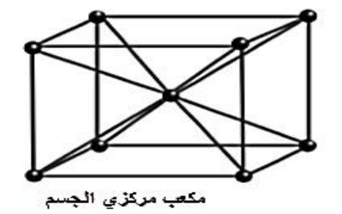
البلورة

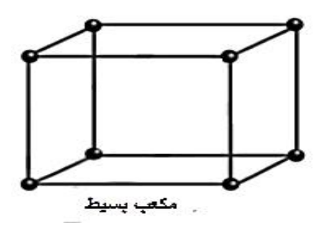
عند ارتباط ذرات وجزيئات مادة صلبة ما لتكوين شبكة منتظمة متماسكة، فإن المادة الناتجة تسمى بلورة.

الماس والكوارتز - على الرغم من أن ذرات وجزيئات معظم المعادن تشكل شبكة بلورية أيضا- من الأمثلة التي يعتمد تكوينها على الظروف مثل درجة الحرارة والضغط، وهذا قد ينتج عنه بنى بلورية مختلفة تُعرف باسم المتآصلات تتكون من عناصر كيميائية أو مركبات متطابقة، ومن ناحية أخرى فإن المواد الصلبة التي تحافظ بنيتها البللورية نفسها عند تعرضها لتفاعل كيميائي تُعرف باسم ال(الألوميرات)

ويمكن أن تتماسك الجسيمات في الشبكة البلورية من خلال جميع أنواع القوى البين جزيئية بما فيها قوى تجاذب الشحنات الكهربية المتضادة والروابط الهيدروچينية. ويمكن لترتيبات الذرات أو الجزيئات داخل البلورة أن تأخذ أشكالا متنوعة.





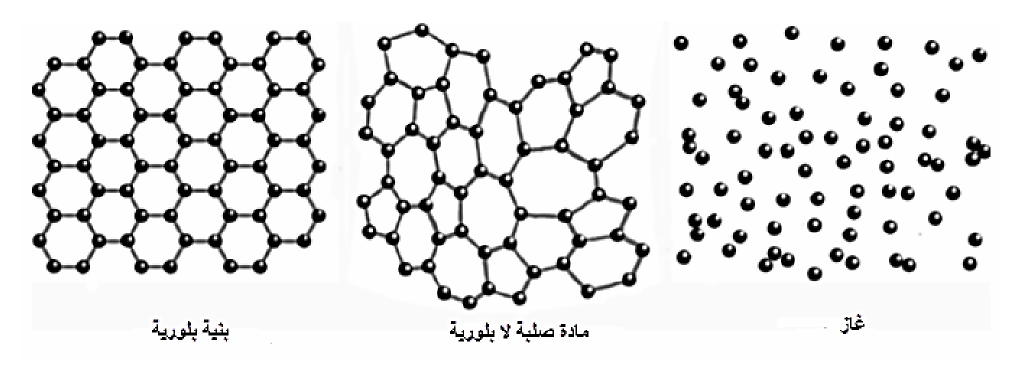


وعند إضافة جسيمات البلورة فإنها تتجمع لتصميم هذه البنية الكامنة مما يؤدي إلى إعطاء بعض البلورات على شكل زاوية بارزة، أو خماسي، ويُعرف مجال دراسة بنية بلورات المواد الصلبة باسم (علم البلورات)

المواد الصلبة اللابلورية

على الناحية المعاكسة للبلورات التي لها ترتيب ذري وبنية جزيئية محكمة هناك ما يسمى بالمواد الصلبة اللابلورية التي تتسم ببنى غير مرتبة للغاية ومن الأمثلة الشائعة الزجاج، والكهرمان والعديد من أنواع البلاستيك.

ومن الناحية الفنية من الخطأ القول بأن المـواد الـصلبة اللابلوريـة تفتقـر تمامـا إلى وجـود بنيـة، ففـي الزجاج (ثاني أكسيد السليكون SiO2 على سبيل المثال ترتبط الجزيئـات المفـردة بالـذرات المجـاورة لهـا طبقا لقواعد محددة جيدا-السليكون في جزيء لا يرتبط إلا بالجزء الأكسچيني من الجزئيات الأخرى.



لكن في الزجاج ليس هناك أي بنية عبر مجموعات كبيرة من الجزيئات كما في البلورة، وهذا هو الوضع الطبيعي في جميع المواد الصلبة اللابلورية ويطلق على المواد اللابلورية أحيانا مواد زجاجية.

المادة الصلبة تلقائية الاشتعال

هي مواد تشتعل تلقائيا عند تلامسها مع الهواء، ولدى كل المواد ما يسمى درجة حرارة الاشتعال الذاتي بعدها تخضع لما يسمى الإحتراق، ومعظم المواد الشائع وجودها لها درجة حـرارة اشـتعال عاليـة، مـما يعني إنه لابد من تطبيق لهب أومصدر حرارة شديد حتى تبدأ في الإحتراق، أما المـواد الـصلبة تلقائيـة الاشتعال فلها درجة اشتعال تساوي درجة حرارة الغرفة أو أقل.

وتتحدد درجة حرارة اشتعال مادة ما من خلال اسـتعداديتها للخـضوع لتفـاعلات أكـسدة واختزال متحدة مـع مؤكـسد (في العـادة أكـسچين الهـواء) لإطـلاق حـرارة خـلال تفاعـل إحتراق، والمواد الصلبة تلقائية الاشتعال خطيرة للغايـة في التعامـل معهـا وتخـزن غالبـا في أوعية محكمة الغلق يتم استبدال غاز خامل مثل الهيليوم بكل الأكسچين داخلها، والأمثلة على المواد الصلبة قابلـة للاشـتعال تـشمل البلوتينيـوم والفوسـفور (المـستخدم في القنابـل

العسكرية الحارقة والطلقات التعقبية)، وبعض الغازات والسوائل تنتمي للمواد تلقائية الاشتعال أيضا مثل الهيدرازين وقود الصواريخ

الجزيئات الكبيرة

تسمى الجزيئات الكبيرة التي يحتوي كل منها على مئات بل آلاف الذرات باسم الجزيئات الكبيرة وتتكون من وحدات أصغر تسمى المونمرات، وكل مونمر عبارة عن جزيء مستقل لكن على عكس المواد الصلبة البلورية التي تربطها القوى بين الجزيئات، فإن المكونات الجزيئية للجزيئات الكبيرة ترتبط بروابط تساهمية، ويتكون الجزيء الكبير من تلك الوحدات البنائية المتكررة المرتبطة معا مرارا وتكرارا. ولأن الجزيئات الكبيرة مكونة من العديد من المونمرات يطلق عليها أحيانا بوليمرات. يتكون البولي إيثيلين وهوبوليمر يستخدم في صناعة حقائب التسوق البلاستيكية من عدد كبير من الجزيئات المونمرية المسماة بالإيثيلين ($C2H4$) مرتبطة معا لتكوين سلسلة طويلة من البوليمرات.

في الحقيقة تنتمي جميع المواد البلاستيكية إلى البوليمرات، وتلعب الجزيئات الكبيرة أيضًا دورًا مهمًّا في الكيمياء الحيوية، فالبروتينات، والكربوهيدرات والليبيدات والأحماض النووية، مثل الدنا والرنا، جميعها بوليمرات.

البلاستيك (اللدائن)

المواد البلاستيكية هي مواد صناعية مصنوعة من جزيئات كبيرة من الهيدروكربونات، وقد أصبح الاسم بوليمر وهو الاسم البديل لمصطلح الجزيئات الكبيرة مترادفا بشكل كبير مع البلاستيك، إلا أن ليست جميع البوليمرات مواد بلاستيكية.

والمواد البلاستيكية مجموعتان أساسيتان متنوعتان هما: المواد اللدنة حراريا وهي مواد تستعيد ليونتها عند استخدام الحرارة كل مرة مما يتيح لها إعادة التشكيل والاستخدام مرات عدة، بينما المواد البلاستيكية المتصلدة حراريا لا يمكن تسخينها وتليينها إلا مرة واحدة بعدها تبقى صلبة حتى عند إعادة تسخينها.

الباكليت هوأحد المواد البلاستيكية المتصلدة حراريا التي ظهـرت مبكـرا وتطـورت في العقـد الأول مـن القرن العشرين واستخدم في صناعة أغلفة البضائع الكهربية ويصنع عن طريق خلط الفينـول C_6H_5OH مع الفورمالدهيد، CH_2O. وتتكون معظم المواد البلاستيكية من جزيئات تتكون من العناصر الكيميائية الأساسية نفسها - هيدروچين وكربـون وأكـسچين ونيتروچـين، وكلـور وكبريـت. مـن المـواد البلاسـتيكية الشائعة التي ربما تكون قد قابلتها كلوريـد البوليفينيـل PVC المـستخدم في الـسباكة، والبـولي أميـدات المستخدمة في صناعة جوارب النايلون، والبوليستيرين المـستخدم في صـناعة أدوات المائـدة البلاسـتيكية وفي شكله الموسع في صناعة تغليف الفوم (التغليف الزبدي).

الكيمياء التوافقية

تتمحور الكيمياء التوافقية حـول عمـل تعـديلات ضـئيلة في بنيـة الجـزيء المعقـد لرؤيـة كيفيـة تغـير خواصه، ويتم ذلك باستخدام أنظمة مختبر آلي متحكم بها باستخدام الكمبيوتر لتركيب وتقيـيم أعـداد هائلة من الجزيئات بشكل جماعي.

يمكن دمج مكونات الجزيئات الكبـيرة بـآلاف الطـرق المختلفـة، وتتـيح الكيميـاء التوافقيـة استكـشاف متغيرات الفضاء تلك بسرعة، وقد ثبتت فائدتها في البحث عن عقاقير صيدلانية جديـدة، حيـث تـؤدي أساليب الكيمياء التوافقية الآن إلى ظهور 100000 مركب جديد سنويا،وتضاف خواص تلك المركبـات إلى قواعد بيانات محوسبة يمكن الاستعانة بهـا أيـان يرغـب البـاحثون في البحـث عـن مـواد كيميائيـة لهـا خواص محددة، وأحد العقاقير التي طورت بهذه الطريقة وتم قبولها الآن للاستخدام السريري هو عقار سورافينيب المستخدم في علاج سرطان الكبد والكليتين.

الكيمياء الحاسوبية

الكيميـاء الحاسـوبية هـي اسـتخدام أجهـزة الكمبيـوتر في الكيميـاء، ومـن فروعهـا مجـال القياسات الكيميائية- بالإضافة إلى شقيقه الأكبر مجال "المعلوماتية الكيميائية" - هو مجال استخدام وسائل التنقيب عن البيانات لاصـطيادها مـن خـلال المكتبـات وقواعـد البيانـات

الشاسعة التي أنشئت خلال مسيرة أبحاث الكيمياء التوافقية، ولنقل على سبيل المثال أن الكيميائيين يبحثون عن مركب له خواص معينة لكن لا وجود له في قواعد البيانات، كيف يمكن تغيير خواص المركب الأقرب الموجود لديهم ليتفق مع هذا المركب؟ يمكن لباحثي الكيمياء المعلوماتية تقديم المساعدة من خلال تطبيق خوارزميات لإيجاد حالات في قاعدة البيانات فيها تكون خواص المركبات الأخرى محولة بالطريقة نفسها- وبذلك تقدم النصيحة للمجربين حول المناهج الجديدة التي يمكنهم استخدامها.

ويشارك علماء آخرون من علماء الكيمياء التوافقية في النمذجة الجزيئية باستخدام حسابات نظرية مبنية على الكمبيوتر لاكتشاف خواص الجزيئات.

معظم تطبيقات النمذجة الجزيئية الموجودة في أبحاث الكيمياء الحيوية، تقوم ببناء الفهم النظري للجزيئات ومنها البروتينات والدنا.





علم الأحياء

علم الأحياء هو ثالث أكبر ثلاثة علـوم (بعـد الفيزيـاء، والكيميـاء)، فهـو يدور حول تطبيق مبادئ الكيمياء لتفسير علوم الكائنات الحية، وهو يغطـي كـل شيء بـدءًا مـن عمـل أصـغر الوحـدات الحيـة - أي الخليـة- مـن خـلال الكائنات الحية الدقيقة، ويغطي بنية وسـلوك النباتـات والحيوانـات بالإضـافة إلى تفسير سبب ظهور هذه الكائنات الحية وتطورها من البداية.

يبـدأ تـاريخ علـم الأحيـاء بـالإغريق القـدماء الـذين كـانوا دائمـي الدراسـة للحيوانـات والنباتـات، إلا أن مـع ذلـك لم يبـدأ الفهـم النظـري لعلـم الأحيـاء إلا بعـد ذلـك بمـدة طويلـة عنـد اكتـشاف الميكروسـكوب في أواخـر القـرن السادس عشر؛ حيث أتاح الميكروسكوب اكتشاف الخلايا، وأصبح فـيما بعـد له دور فعال في سبر أغوار بنيتها وكيفية عملها معًا داخل الكائنات الحية.



كانت الطفرة الكبرى في علم الأحياء في القرن العشرين هي علم الوراثة، وكان ذلك اكتشاف أن كل المعلومات التي تحدد بنية أجسامنا- مثل عدد أصابعنا، وكيفية عمل الأعضاء- بالإضافة إلى تحديد السمات مثل الشعر، ولون العينين جميعها مشفرة في جزيء يسمى الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين (الدنا) (DNA) الذي يقع في مركز كل خلية من خلايا أجسامنا.

الآن يبشر علم الوراثة باكتشافات أكثر إثارة، فبينما كان القرن العشرين هو العصر الذهبي لعلم الفيزياء، فإن البعض يعتقد أن القرن الحادي والعشرين سيصبح العصر الذهبي لعلم الأحياء.



الكيمياء الحيوية

تعريف الأحماض الأمينية

الكيمياء الحيوية هي علم دراسة التركيب الكيميائي للكائنات الحية والتفـاعلات بـين المـواد الكيميائيـة المسئولة عـن دوام الحيـاة، ومـن ضـمن الوحـدات البنائيـة الأساسـية للحيـاة مجموعـة مـن المركبـات العضوية تُعرف باسم الأحماض الأمينية، وتـرتُبط الأحـماض الأمينيـة معـا في جزيئـات مـن البـوليمرات القصيرة تُعرف باسم (الليبيدات) أو جزيئات من سلاسل بـوليمرات أطـول تـسمى (البـولي الليبيـدات) والتي تتكون من عدة مئات من جزيئات الحمض الأميني.

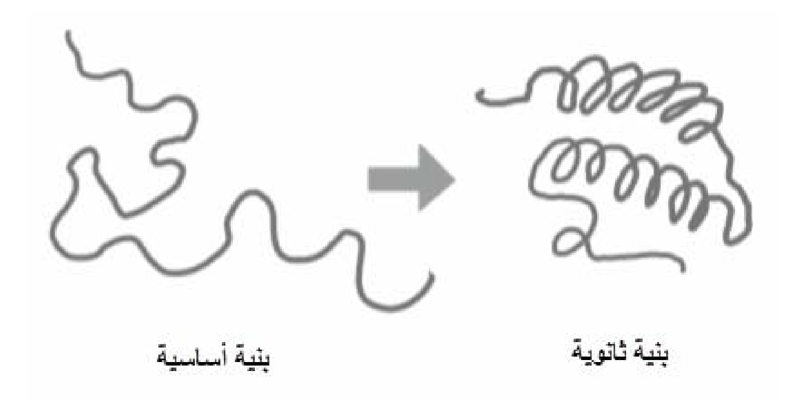
وأحد أشهر البولي الليبيدات التي تلعب دورا مهماً في علم الأحياء هـي الجزيئـات البروتينيـة. وتـساعد الأحماض الأمينية أيضا في وظائف أخرى مثـل عمليـة التمثيـل الغـذائي وعلـم الأعـصاب، وبالتـالي فـإن الأحماض الأمينية جزء مهم من النظام الغذائي لأي حيوان. وللأحماض الأمينية تطبيقات في التكنولوجيـا أيضا بما في ذلك الهندسة الكيميائية.

البروتينات

هي جزيئات من البولي الليبيدات مكونة من سلاسل طويلة من الأحماض الأمينية المرتُبطة معـا، وهـي مكونة من أحماض أمينية أساسية قـام الكـائن الحـي بهـضمها وتجميعهـا طبقـا للتعلـيمات المرمـزة في حمضه النووي، والأنواع المختلفة من البروتينات الناتجة تكون الأنواع المختلفة من النسيج الذي يـؤدي وظائف عدة للكائن الحي.

وتتحدد خصائص البروتين من خلال عدد من العوامل التي تصف بنيته، وتُعرف متسلسلة الأحماض الأمينية التي تشكُّل البروتين بأنها "البنية الأساسية" له، والجزيء الناتج يلتـف حـول نفـسه مثـل أسـلاك التليفـون - ويسمى شكل هذا الالتفاف باسم "البنية الثانوية". أما الشكل الكلي ثلاثي الأبعاد للالتفـاف النـاتج فيـسمى "البنية الثلاثية" والعملية التي يكتسب فيها الجـزيء بنيتـه ثلاثيـة الأبعـاد تـسمى "طـيّ البروتـين"، ويمكـن

للتفاعل بين عدد من جزيئات البروتين تكوين نوع بنية أخير يسمى "البنية الرباعية ". ويطلق على مجال دراسة البروتينات ودورها في الخلايا الحية اسم "البروتيوميات".



الإنزيمات

الإنزيم هو نوع خاص من البروتين يعمل كمحفز لتسريع معدل التفاعلات الكيميائية الحيوية. والإنزيمات - شأنها كشأن البروتينات الأخرى في الكائن الحي- تُصنعَّ طبقا للتعليمات الموجودة في الحمض النووي (الدنّا)؛ مما يُمكِّن الحمض النووي من صُنع مختلف أنواع الخلايا التي تخدم أغراضًا كيميائية حيوية مختلفة، من خلال التركيزات المختلفة للإنزيمات.

الإنزيمات مهمة لعدة عمليات حيوية مهمة مثل:هضم المواد الغذائية، وحركة العضلات وفي انتقال الإشارات الكيميائية خلال الخلايا. وتؤثر التغيرات الحادثة في الحامضية.

وكذلك درجة الحرارة على نشاط إنزيمات معينة فيما يُعرف بعملية "تثبيط الإنزيمات".

وتتم تسمية الإنزيمات بإضافة اللاحقة (ase) إلى المادة التي تعمل عليها هذه الإنزيمات؛ على سبيل المثال اللاكتوز (Lactose) يتم تفكيكه بواسطة إنزيم لاكتاز (Lactase).

والإنزيمات ليست محصورة في الأحياء الطبيعية فهي تستخدم أيضا في التطبيقات التكنولوجية، مثل مساحيق الغسيل الحيوية، حيث تساعد على زيادة معدل التفاعلات الكيميائية التي تدخل في تفكيك البقع التي تسببها مواد حيوية مثل الدهون والدم والصبغات النباتية.

الكربوهيدرات

الكربوهيـدرات هــي مركبـات عـضوية تتكـون مـن جزيئـات كربـون مرتُبطـة بجزيئـات مـاء وتـشمل السكريات والنشويات، وتـستخدم الكائنـات الكربوهيـدرات أساسـا كمـصدر طاقـة، إلا أن لهـا دورًا في عمليات الخلايا ومهمة في بنية النباتات والأصداف الصلبة لبعض الحيوانات اللافقارية.

غالبا ما تحمل الكربوهيدرات اللاحقة (ose)، فعلى سبيل المثال، أبسط الكربوهيدرات هــي الـسكريات مثل السكروز (sucrose)، والفركتوز (Fructose) الجلوكوز (glucose).

وتـرتُبط الـسكريات معـا لتكـوين جزيئـات أكـبر تـسمى (الـسكريات العديـدة) التـي بـدورها تكـون "الكربوهيدرات المعقدة" مثل النـشويات والجيليكـوجين التـي تـستخدمها الكائنـات الحيـة في تخـزين الطاقة.

وعلى الرغم من انتشار الأنظمة الغذائية منخفضة الكربوهيـدرات، إلا أن معظـم خـبراء علـم التغذيـة ينصحون بأن يحصل البالغون على معظم الطاقة الغذائية من الكربوهيدرات المعقدة، من خلال تناول مواد غذائية مثل المكرونة والبطاطس والخبز.

الليبيدات

هناك مجموعة أخرى من المركبـات العـضوية المهمـة لإنتـاج الطاقـة وتخزينهـا للكائنـات الحيـة، هـذا المجموعة هي الدهون، وهي جزء من مجموعة أوسع من الجزيئات تُعرف باسم الليبيدات والتي تضم أيضا الشمع، والستيرويد مثل الكوليسترول وأنواع معينة من الفيتامينات التي يمكنها تكوين محاليل في الدهون والليبيدات مثلها مثل الكربوهيدرات في أنها أحد مكونات أغشية الخليـة وأنهـا مهمـة لإنتـاج الطاقة وتخزينها- ومهمة أيضا من أجل معالجة الإشارات الكيميائيـة التـي تـساعد الخلايـا الحيويـة في أداء وظائفها.

والليبيدات المبنية على الدهون هي أحد العناصر المغذية المهمة في النظام الغذائي للإنسان، فهي تقـوم بإذابة مجموعات الفيتامين التي لا تذوب إلا في الدهون وهي: فيتامين A وD وE وK.

وفي الوقت نفسه، من المعتقد أن هناك أحماض دهنية معينة مثل أوميجا-3 لها خصائص مميزة لها مفيدة في مقاومة الأمراض إلا إنه تم إثبات أن إفراط امتصاص الدهون المشبعة (ولاسيما الدهون الحيوانية)، وتلك الدهون التي يطلق عليها "الدهون المتحولة" (مثل الزيوت النباتية المهدرجة جزئيا التي يضاف إليها الهيدروچين لزيادة صلاحيتها عند التخزين) يؤدي إلى ارتفاع خطر الإصابة بأمراض القلب.

المغذيات

هي مواد كيميائية عضوية ضرورية لحفظ حياة الكائنات الحية، فهي تمد الكائنات الحية بالطاقة والمواد اللازمة لإصلاح النسيج التالف، بالإضافة إلى المواد الكيميائية المطلوبة للعمليات الحيوية. وتحتاج الحيوانات، بما فيها البشر إلى ثلاثة أنواع رئيسة من المواد الغذائية -البروتينات والكربوهيدرات و(الدهون ويتم تزويد الجسم بتلك المواد من خلال الڤيتامينات المختلفة - وهي مواد كيميائية تعزز من صحة العظام والجلد والرؤية والجهاز العصبي - بالإضافة إلى المعادن مثل الحديد ؛ العنصر الأساسي في تكوين خلايا الدم الحمراء اللازمة لنقل الأكسچين حول الجسم. البروتينات والكربوهيدرات والدهون أمثلة للمغذيات الكبيرة-وهي مواد كيميائية لازمة بكميات كبيرة - بينما الفيتامينات والمعادن التي يطلق عليها "المغذيات الدقيقة" لا يلزم منها إلا كميات قليلة.

الأيض

الأيض في الكائن الحي هو مجموعة من العمليات الكيميائية من خلالها يتم امتصاص الطاقة من المواد الغذائية التي تستهلكها، ثم تستخدم هذه الطاقة في الوظائف الحيوية الأساسية وتستخدم لنمو خلايا جديدة. والأيض محكوم بالإنزيمات.

فالمجموعة المحددة من الإنزيمات التي يمتلكها الكائن الحي هي ما يحدد المسارات الكيميائية الأكثر فعالية - والتي تُعرف باسم مسار الأيض - لإنتاج الطاقة واستخدامها. ويتكون مسار الأيض من سلسلة من التفاعلات الكيميائية يتم تسريع كل منها من خلال محفز إنزيم معين، وبهذه الطريقة فإن مجموعة الإنزيمات المحددة التي يتصرف بها الكائن

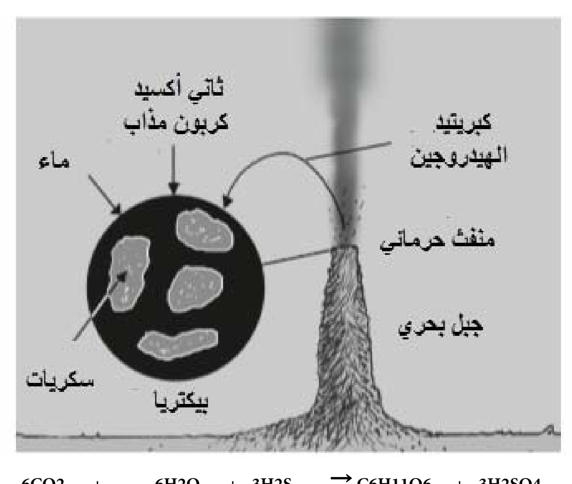
الحي تقوم بتحديد أي الأطعمة مغذي للجسم وأيها سام.

يشار إلى مسارات الأيض التي تفكك الجزيئات من أجل هضم الطعام على سبيل المثال باسم "الأيض الهدّام"، بينما المسارات التي تقوم بتصنيع جزيئات جديدة - مثل البروتينات والمكونات الأخرى للخلية تُعرف باسم "الأيض البنائي".

ويتطلب الأيض مصدرًا للطاقة يكون خاص به حتى يحدث، وهذا المصدر هو الشخص الذي له معدل أيض أساسي (BMR) عادي - ما يُعرف باختصار باسم أيض سريع- يمكنه تناول طعام أكثر من الشخص الذي له معدل أيض أساسي منخفض دون أن يزداد وزنًا.

التمثيل الكيميائي

في حين تستمد الحيوانات الطاقة والمغذيات من هضم المركبات العضوية، وتصنع النباتات غذاءها من خلال عملية البناء الضوئي، هناك بعض الكائنات الدقيقة تستخدم طريقة ثالثة تحت تصرفها ألا وهي التمثيل الكيميائي.



$$6CO_2 + 6H_2O + 3H_2S \rightarrow C_6H_{11}O_6 + 3H_2SO_4$$

ثاني اكسيد + ماء + كبريتيد هيدروجين → سكر + مركبات كبريت
كربون

هذه الكائنات الدقيقة- المعروفة باسم" الكائنات الكيميائية - التغذية " لها القدرة على هضم المركبات الكيميائية غير العضوية وتحويلها إلى مركبات عضوية من خلال تفاعلات الأكسدة الكيميائية.

تستوطن الكائنات الكيميائية - التغذية البيئات التي يكون فيها ضوء الشمس الطبيعي قليلًا أو مادة عضوية تتغذى عليها مثل الأعماق السحيقة للمحيطات، حيث توجد منفثات الحرمائية في أعماق البحار والتي تمثل مصدرًا للمواد الكيميائية غير العضوية مثل كبريتيد الهيدروجين لإبقاء البكتيريا ذاتية التغذية الكيميائية على قيد الحياة.

الطاقة الحيوية

يطلق على العلم الذي يدرس الطاقة التي تسري في الكائنات الحية اسم الطاقة الحيوية، وهـو يتـضمن حسابات ميزانية طاقة الكائن الحي وموازنة الطاقة التي يمتـصها - مـن الغـذاء أو ضـوء الـشمس-مـع إنفاق الطاقة من ناحية الأيض، والنمو، والمخلفات، والفقد في الحرارة.

تقوم الكائنات الحية بتخزين الطاقة من خلال الروابط الكيميائية بين المـواد الكيميائيـة المكونـة لهـا، وعندما يعاد ترتيب الذرات والجزيئات المرتُبطة ارتُباطا ضـعيفا بحيـث تـصبح مركبـات كيميائيـة ذات ارتُباط أقوى، فإن الطاقة الزائدة في هذه الروابط يمكن إطلاقها واستخدامها فيما بعد عن طريـق كـسر الروابط. في الجسم، الجزيء الأساسي الذي يخدم هذا الغرض هو ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP).

المستقبلات

على غرار أجهزة الاستقبال اللاسلكية في الكيمياء الحيوية فإن المـستقبلات هـي جزيئـات تتواجـد عـلى الخلايا من الخارج وتصنع روابط مع المواد الكيميائية الأخرى.

وتقوم المواد الكيميائية الأخرى بدور، رسول فهي تغير الخواص الكيميائيـة للمـستقبل، وتقـوم بـدورها بتوليد استجابة في الخلية.

والمستقبلات هي بروتينات موجودة في الغشاء البلازمي الخارجي للخلية وكل مستقبل معد للاسـتجابة إلى نوع معين من المرسلات الكيميائية، قد تكون مواد كيميائية أنتجتها أجزاء أخرى مـن الكـائن الحـي مثل الهرمونات أو النواقل العصبية ، أو قد تكون مواد كيميائية تمت هندستها وتصميمها بحيث يكون لها تأثير نافع على الخلية - أو حتى تأثير ضار

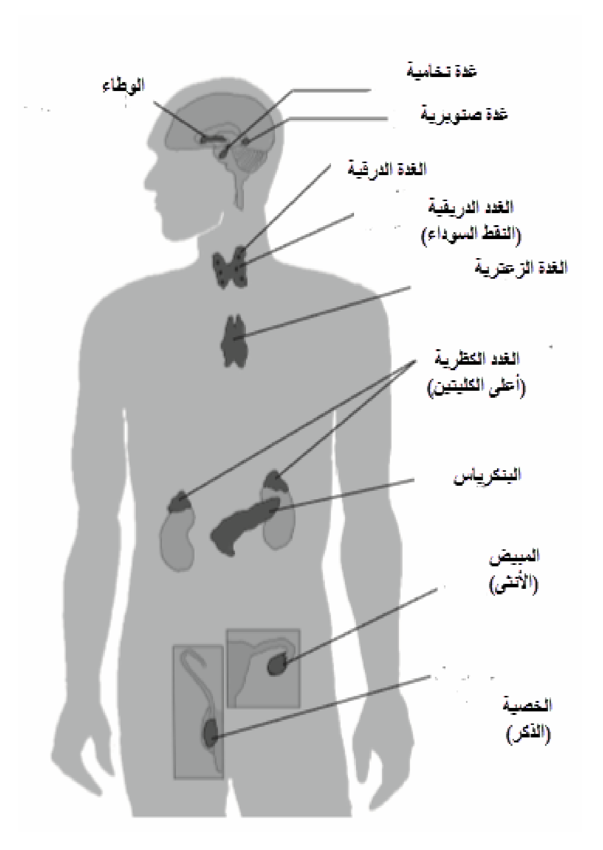
أحيانا يطلق على المواد الكيميائية التي ترتُبط بالمـستقبل اسـم "الربيطـات"؛ وهـي تغـير البنيـة ثلاثيـة الأبعاد لبروتين المستقبل، وهذا هو ما يُحدث استجابة الخلية لوصول الربيطة. وعادة تكـون الاسـتجابة عبارة عن عملية كيميائية ثانوية داخل الخلية.

الهرمونات

الهرمونات هي رسل كيميائية تحمل الإشارات من أحد أجزاء الكائن الحي إلى جزء آخر، وتقوم بتنظيم كل شيء بدءً من مزاجك العصبي وحتى إخبارك عندما تكون جائعا.

تعمل الهرمونـات مـن خـلال الارتبُـاط يالمـستقبلات داخـل الخليـة؛ عـلى سـبيل المثـال عنـدما تـرتبُط المستقبلات في خلايا الكبد أو العضلات بهرمون الإنسولين فإنهـا تحفـز الخلايـا عـلى إمتـصاص جلوكـوز الكربوهيدرات من مجرى الدم وتخزين طاقته في صورة جزيء چليكوچين.

يمكن للهرمونات أما أن تنتقل من خلال الدم (تُعرف باسم الغدد الصماء) أو من خلال شبكة مخصصة من القنوات - وتسمى غدد خارجية الإفـراز.



بعض الهرمونات تحمل رسائل داخل الخلايا ويطلق عليها "هرمونات داخلية".

وتتكون الغدد من مجموعات متخصصة مـن الخلايا المنتجة للهرمونات، ومن ضمن أمثلـة هــذه الغــدد الغــدة الدرقيــة التــي تنـتج الثيروكسين -الذي يتحكم في الأيـض، والغـدة الكظريــة المــسئولة عــن إنتــاج هرمومـات الإجهاد مثل الإبينفرين الذي يزيـد مـن أداء الجـسم في أوقـات الطلـب المتزايـد. جميـع الكائنــات الحيــة الكبــيرة مثــل النباتــات والحيوانات لها نظام هرموني.



التوازن

يتطلب الحفاظ على العمليات الأساسية اللازمة لوجود حياة، تنظيما دقيقا للأوضاع داخل الكائن الحي، لضمان بقاء العوامل مثل الحرارة والتركيب الكيميائي داخل الحدود المقبولة.

يطلق على عملية تنظيم هذه العوامل اسم التوازن.

التعرق واللـهاث لتنظيم درجة الحرارة يمثلان طريقة عمل التوازن.

وبالمثل فإن العمليات الكيميائية التي تسيطر على الاتزان الكيميائي للخلايا؛ على سبيل المثال يتحكم تنظيم التناضح في إتزان الموائع والأملاح في الخلايا الحيوانية من خلال عملية التناضح وفي الوقت نفسه تقوم الكليتان بترشيح نواتج البقايا الكيميائية من الجسم واستخراجه في صورة بول.

هناك عمليات أخرى مثل ضبط جلوكوز الدم، وامتصاص الغذاء، وحامضية الخلايا، وعمليات جهاز المناعة، وتحكم الهرمونات عمليات التوازن الحيوي كلها تقريبا.

التنفس

التنفس هو الاسم الذي يطلق على مجموعة التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل الخلايا لتحويل الطاقة الكيميائية الحيوية من المغذيات الموجودة في الأطعمة إلى جزيئات ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP). ، ويمكن لجزيء ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP) أن ينتقل حول الجسم بعد ذلك وأن يُستغل حيثما تكون الطاقة مطلوبة في وقت لاحق.

للتنفس شكلان: تنفس هوائي يتضمن الأكسچين، وفيه تخضع المغذيات مثل الأحماض الأمينية من البروتين بالإضافة إلى الكربوهيدرات والليبيدات إلى تفاعلات أكسدة لتكوين ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP).

وعند احتياج طاقة يتفاعل ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP) مع الماء، ويقوم بتكسير الروابط الكيميائية لتكوين أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) ويطلق طاقة الرابطة.

من ناحية أخرى هناك التنفس اللاهوائي الذي يولد ثلاثي فوسفات الأدينوسين (دون إدخال أكسچين في عملية يطلق عليها (التخمر)، وهو نوع يحدث في العضلات البشرية

عندما يكون الأكسچين في الدم غير كاف-على سبيل المثال خـلال التمرينـات الرياضـية المـضنية للغايـة مثل الركض.

مرة أخرى يتم تحويل سكريات الدم إلى ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP)، لكن هذه المرة يظهـر نـاتج جانبي - حمض اللاكتيك، هو الحمض الذي ينتج إحساس الحرقان المألوف في العـضلات التـي تعرضـت لنشاط مفرط.

بيولوجيا الخلية

الخلايا

الخلية هي الوحدة الأساسية لجميع الكائنات الحية، وتحتوي أجسام الحيوانات والنباتات الكبـيرة عـلى تريليونات من الخلايا، وتسمى هذه الكائنات باسم الكائنات متعددة الخلايا، بينما هنـاك كائنـات حيـة أخرى- مثل البكتيريا- تتكون من خلية واحدة، ويطلق عليها كائنات وحيدة الخلية.

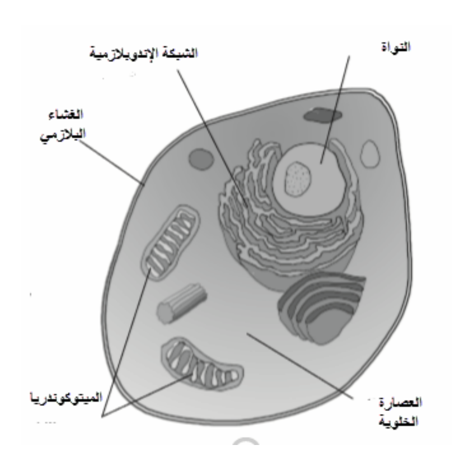
تتكون الخلايا من مادة بروتينية، وهي تمثل الآلات الأساسية في علـم الأحيـاء، حيـث تـتم فيهـا جميـع العمليات المسئولة عن بقاء الحياة مثل: إنتـاج الطاقـة، ونمـو الأنـسجة، والتـوازن، وإنتـاج الهرمونـات. ولكل نوع من الخلايا وظيفة معينة تحددها مجموعة الإنزيمات داخل الخلية والتي تـؤثر عـلى معـدل تفاعلات كيميائية حيوية معينة.

وتأتى الخلايا في نوعين أساسيين هما: بدائيات النواة وحقيقيات النواة، بالإضافة إلى المكونات المنفردة في الخلايا والتي يطلق عليها "عضيات الخلية".

وقد طرح عالما الأحياء الألمانيان: ماتياس شلايدن وثيودور شوان عام 1839 نظرية الخلية في علم الأحياء لأول مرة، إلا أن مصطلح "خلية" أقدم من ذلك كثيرًا- فقـد اسـتخدمه العـالم الإنجليـزي روبـرت هـوكي للمرة الأولى في القرن السابع عشر



حقيقيات النواة



حقيقيات النواة هي النوع الأكثر شيوعًا من بين النوعين الأساسيين للخلية، وتشكُّل أحد المكونات الأساسية في جميع الحيوانات والنباتات متعددة الخلايا تقريبًا، إلا أن بعض الكائنات وحيدة الخلية تنتمي إلى حقيقيات النواة أيضًا، وتُعرف باسم "الطلائعيات".

أحيانًا يطلق مصطلح حقيقيات النواة على الكائن الحي بأكمله أو على الخلايا المكونة له.

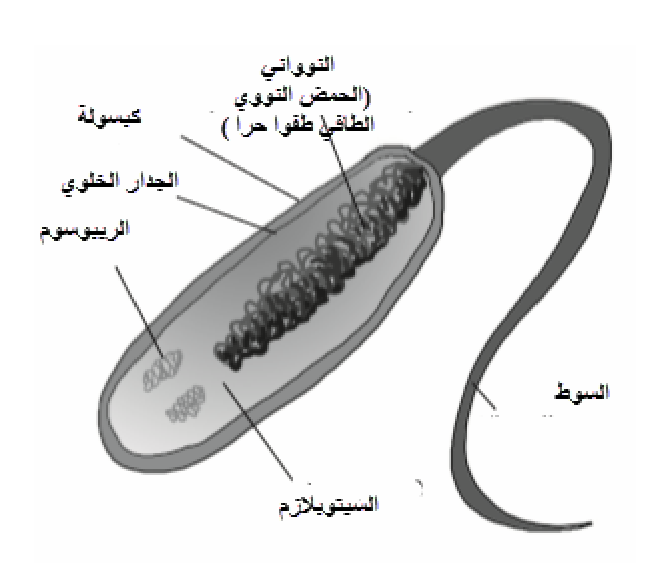
يتراوح حجم الخلايا حقيقية النواة ما بين بضع مايكرونات (1000/1 من المليمتر) وحتى مليمتر واحد، وهي أكثر تعقيدًا لذلك فهي أكبر من نوع الخلايا الأساسي الآخر الذي يسمى "بدائيات النواة".

للخلية حقيقية النواة النموذجية غلاف خارجي يُعرف باسم "غشاء البلازما"، ويشار إلى جسم الخلية داخله باسم "السيتوبلازم" ويتكون من سائل مائي يطلق عليه "العصارة الخلوية"، وتنغمس فيه عضيات الخلية المتنوعة محاط كل منها بغشائه، وتحمل كل عضية في الخلية وظيفة محددة لابد أن تؤديها بنفسها داخل الخلية، فالميتوكوندريا تقوم بتوليد معظم طاقة الخلية في صورة ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP)؛ إنزيمات مخزنة في التجاويف معروفة باسم الفجوات الخلوية، ووحويصلات الخلية، والجسيمات الحالة، بينما الريبوسومات هي مصانع البروتين للخلية والتي تنتج الأنسجة الجديدة طبقًا للخطة المخزنة في الحمض النووي للكائن الحي، ويقع الحمض النووي نفسه في نواة الخلية.

أما خارج الخلية مباشرة توجد بنية مسامية يطلق عليها "الشبكة الإندوبلازمية" تتولى نقل البروتينات المصنعة حديثًا وطيها. وهناك بنية هيكلية تشبه السقالة تقوم بتدعيم الخلية كلها وتُعرف باسم "الهيكل الخلوي".

بدائيات النواة

هـــي أبـــسط النـــوعين الأساســـيين للخلية، الفرق الجوهري بينها وبـين أبناء عمومتها حقيقيات النواة، هـو الغياب الكامل لنواة الخليـة - بـدلا مـن النـواة، تطفـو المـادة الوراثيـة لهـذه الخلايـا طفـوا حـرا في حزمـة تسمى" النوواني " في مركز الخلية.



وفي حين يمكن لحقيقيات النـواة أن تكون متعددة الخلايا، فإن بـدائيات النواة دائما أحادية الخلية - الأمثلة الأساسية على ذلك هي البكتريا والعتائق.

لبدائيات النواة عضيات أقل في السيتو بلازم. وبدائيات النواة مثلها مثـل حقيقيـات النـواة في أن لـديها ريبوسومات وغشاء بلازمي ؛ بالإضافة إلى أن لها غلافا بعـد الغـشاء يـسمى "الجـدار الخلـوي". تـشكُّل معظم بدائيات النواة البكتيرية موطنا للبلازميـدات- أطـوال مـن الحمـض النـووي ليـست مرتُبطـة بــ (النوواني). وبعض بدائيات النواة لها أذيال تسمى "السوط" والتـي تـستخدمها للـدفع. بـساطة تركيـب بدائيات النواة تعني أنها تميل إلى أن تكون أصغر حجما من حقيقيات النواة - في الحقيقة، قد تصل إلى عرض 10/1 من الميكرون (0.0001 من المليمتر).

نواة الخلية

أحد الأغراض الأساسية للنواة هو الـتحكم في الوظـائف الأخـرى للخليـة. تقـع النـواة في مركز الخلية حقيقية النواة وهي موطن لكروموسـومات الحمـض النـووي الـذي يحمـل الشفرة الوراثية للكـائن الحـي، ويحـيط بـالنواة غـشاء مـزدوج الجـدار يـسمى "غـلاف النواة" مزود بثقوب مسامية يمكن لجزيئات البروتين الصغيرة وجزيئات الحمض النـووي

الريبـوزي أن تعبرهـا لتـؤدي وظيفتهـا كمرسـلات كيميائيـة بـين النـواة وبقيـة الخليـة، لكـن لا يمكـن للبروتينات الكبيرة أو جزيئات الحمض النووي أن تعبرها في حين أن جسم الخليـة مـدعم ببنيـة الهيكـل الخلوي، نجد أن النواة موجودة في إطار ليفي يسمى "الصفائح النووية"، ويشار إلى مكونات النواة جميعا أحيانا باسم بلازما النواة.

وهناك نوع من الكائنات الدقيقة يسمى "الأوليـات" لـه نواتـان- تقـوم إحـداهما بـالتحكم في انقـسام الخلية بينما تقوم الأخرى بتنظيم الوظائف الأخرى للخلية

الكروموسومات

هي أطوال من الحمض النووي داخل نواة الخلايا حقيقية النواة تحمل المعلومات الوراثيـة لبنـاء نـسخ طبق الأصل من الخلية خلال عملية انقسام الخلية ولصناعة البروتينات خلال التعبير الجيني.

لدى البشر 22 نوع مختلف من الكروموسومات يطلق عليها "الكروموسومات المتماثلة"، إلا أن كل خلية من خلايا الجسم - والتي تُعرف باسم" الخلايا الجسدية"- تحتوي نسختين متطابقتين من كـل كروموسـوم مرتُبة في أزواج، ويضاف إلى تلك الكروموسومات الأربعة وأربعـين زوج مـن الكروموسـومات الجنـسية التي تحدد ما إذا كان الكائن الحي ذكرا أم أنثى، وبالتالي يصبح العـدد الكـلي للكروموسـومات الموجـودة داخل النواة 46 كروموسوم، وقد يختلف هذا الرقم في سلالات أخرى - على سبيل المثال؛ لدى القطط 38 كروموسوم بينما نبات الذرة ليس لديه سوى 20 فقط.

ولكل كروموسوم طول مختلف ويحمل جينات مختلفة- عند البشر، يوجد جين العيون بنية اللون عـلى كروموسوم 15 بينما من المعتقد أن كروموسوم 2 يلعب دورًا مهماً في تحديـد الـذكاء. ويتـسبب شـذوذ الكروموسومات في بعض الأمراض؛ على سـبيل المثـال البـشر الـذين يعـانون مـن متلازمـة داون لـديهم نسخة إضافية من كروموسوم 21

الصيغة الصبغية

يتحـدد عـدد نـسخ كـل كروموسـوم موجـود داخـل نـواة الخليـة عـن طريـق الـصيغة الـصبغية

للخلية. عند البشر، الخلايا الجسدية التي تكون الجسم خلايا متضاعفة" - أي أن هناك نسختين من كل كروموسوم موجود في كل خلية. أما الجاميتات (الأمشاج)- خلايا الحيوانات المنوية الذكرية والبويضات الأنثوية - فهي خلايا فردية أي أن كل خلية تحتوى على نسخة واحدة فقط من كل كروموسوم.

وعند اتحاد حيوان منوي مع بويضة عند الحمل سيقوم الكروموسومان القادمان من الأب والأم بتكوين كل زوج من الكروموسومات الناتجة في خلية الزيجوت (البويضة المخصبة).

وهناك أنواع أخرى من الكائنات الحية التي قد يكون لها أكثر من نسختين من كل كروموسوم في نواة الخلية- وهو وضع يُعرف باسم "تعدد الصيغ الصبغية"، فالقمح الصلب مثلا رباعي الصيغة الصبغية- أي أن كل خلية جسدية له فيها أربع نسخ من كل كروموسوم في النواة.

الميتوكوندريا

الميتوكوندريا هي نوع آخر من العضيات الموجودة في الخلايا حقيقية النواة، وهي مسئولة عن إنتاج معظم طاقة الخلية من المغذيات من خلال تكون جزيء ثلاثي فوسفات الأدينوسين(ATP)، وهي تقوم أيضا بتصنيع ريبوسومات الحمض النووي الريبوزي والحمض النووي الريبوزي الرسول، والبروتينات المختلفة بالإضافة إلى التحكم في الأيض داخل الخلية.

يتراوح عرض الميتوكوندريا من نصف ميكرون وحتى بضع ميكرونات (1000/1 ملليمتر) وطولها حوالي 10 ميكرون. قد تحتوي الخلية على ميتوكوندريا واحدة وحتى آلاف الميتوكوندريا اعتمادا على نوعها.

وتحتوى الميتوكوندريا مثل نواة الخلية على الحمض النووي -مرتُب في صورة كروموسوم وحيد متصل ببعضه البعض من نهايتيه مكونا حلقة. ويمثل الحمض النووي الميتوكوندري أقل من 1% من الحمض النووي الكلي في الخلايا،ولا تورث الميتوكوندريا إلا من خلال أم الكائن الحي ويتم تمريرها فعليا دون تغيير من جيل إلى آخر، وقد أدى ذلك إلى فكرة

"ميتوكوندريا حواء"؛ السلف الأنثوي لجميع البشر والتي ينحدر منها مباشرة حمضنا النووي الميتوكوندري. ومن المعتقد حاليا أنها قد عاشت في أفريقيا منذ حوالي 200000 سنة مضت.

الريبوسومات

الريبوسومات هي المصانع التي يتم فيها تصنيع البروتينات من الوحدات الأساسية للأحماض الأمينية، وتلك المكونات الخلوية الكروية التي يصل عرضها إلى 20 نانومتر فقط ومصنوعة من الحمض النووي الريبوزي والبروتينات تأخذ ما يسمى الحمض النووي الريبوزي الرسول، وتستخدم المعلومات المخزنة فيه، لتقوم بتصنيع جزيئات البروتين عديدة الببتيد الطويلة.

يتم إنتاج الحمض النووي الريبوزي الرسول داخل نواة الخلية، حيث يأخذ نسخة من المعلومات الوراثية الموجودة على الحمض النووي للكروموسومات، ويقوم بتكويدها في تسلسل نيوكليوتيد مكونة بنيتها الخاصة في عملية يطلق عليها النسخ(Transcription)، ثم ينتقل الحمض النووي الريبوزي الرسول من خلال الثقوب المسامية الموجودة في غلاف النواة المحيط بها ليحمل خطة البروتينات إلى موقع الريبوسومات، وهناك يتحرك الريبوسوم على طول سلسة الحمض النووي الريبوزي الرسول قارئا تسلسل المعلومات ورابطًا الأحماض الأمينية وفقًا لذلك؛ وتسمى تلك العملية التي يتم من خلالها تصنيع البروتينات من الحمض النووي الريبوزي الرسول اسم الترجمة (translation)، وتعمل بعض عقاقير المضادات الحيوية عن طريق إيقاف عمل بعض الريبوسومات داخل البكتريا مما يدمر قدرتها على أداء وظائفها.

البلازميدات

هي أجزاء دائرية من الحمض النووي يشيع وجودها في الخلايا حقيقية النواة، وخاصة البكتريا. يمكن أن يتواجد الآلاف منها في خلية واحدة، ويقوم بلازميد الحمض النووي عادة بتخزين بضع آلاف قاعدة من أزواج المعلومات الوراثية،ويقوم رمزها الوراثي

بتخزين تعليمات الوظائف التي يجب على الخلية تنفيذها وهي غالبا العمليات الدفاعية مثل بناء مقاومة ضد المواد السامة أو تحطيم المركبات الكيميائية التي يحتمل أن تكون ضارة أو تصنيع البروتينات التي تهاجم كائنات حية أخرى.

وتستخدم البلازميدات في التعديل الوراثي كوسيلة لإدخال الرمز المعدل وراثيا إلى خلايا الكائن الحي وكوسيلة للإنتاج الجماعي للبروتينات-عن طريق إدخال الرمز الوراثي للبروتين داخل بلازميد الحمض النووي وإدخال البلازميد إلى خلية البكتريا، ويمكن خداع الخلية وجعلها تقوم بعمل العديد من نسخ البروتين الجديد.

الالتهام الذاتي

الالتهام الذاتي هو عملية وحشية تخضع لها الخلية أحيانا، فيها تقوم الخلايا حرفيا بالتهام نفسها. ويلعب الالتهام الذاتي دورا حيويا في الصحة الكلية للكائن الحي المضيف، فالخلية تضحي ببعض أجزائها غير المهمة لتوفير المغذيات الضرورية لتزويد المكونات الأخرى لها اللازمة للعمليات الأساسية بالوقود.

وقد تقوم الخلايا بعمل ذلك عندما يكون مصدرها المعتاد للمغذيات نادرًا، أو لتتخلص من العضيات التالفة أو حتى لتخلص نفسها من العدوى البكتيرية، يتشكُّل غشاء مزدوج حول الجزء الذي سيتم التهامه من الخلية مكونا حزمة تُعرف باسم "جسيم الالتهام الذاتي" الذي يندمج مع مكون خلوى آخر يسمى "اليحلول" مما يؤدي لتسرب الإنزيمات إلى الجدار مزدوج الغشاء لهضم ما يحتويه

انقسام الخلية

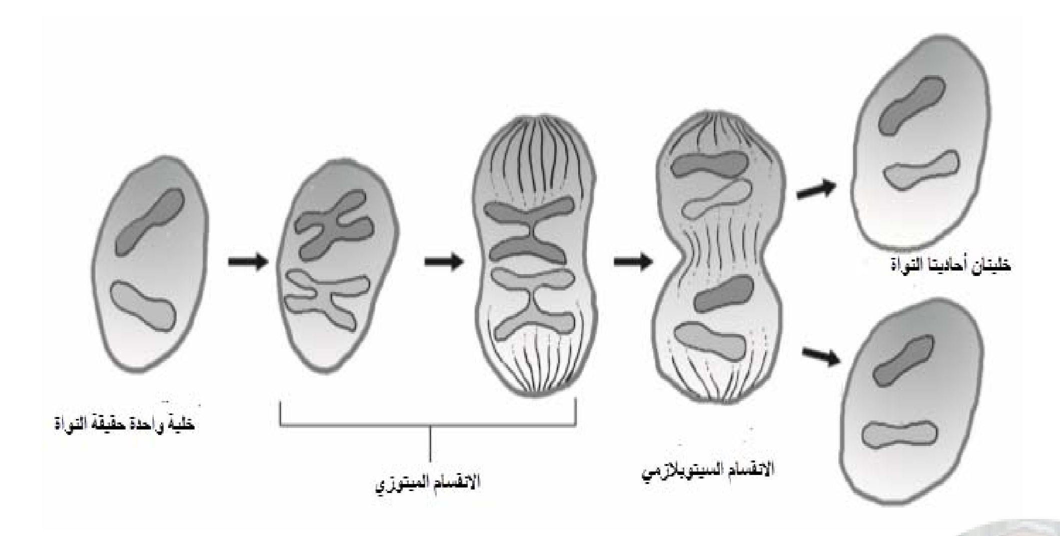
تسمى العملية التي تقوم فيها الخلايا الحيوية بعمل نسخ من نفسها باسم انقسام الخلية، وتتم بطرق مختلفة اعتمادا على نوع الخلية - حقيقية النواة أم بدائية النواة. تنقسم الخلايا حقيقية النواة من خلال عملية ذات خطوتين للانقسام الميتوزي متبوعة بالانقسام السيتوبلازمي.

يبدأ الانقسام الميتوزي بتكرار الحمض النووي (الدنا) داخل نواة الخلية لكي ينفك

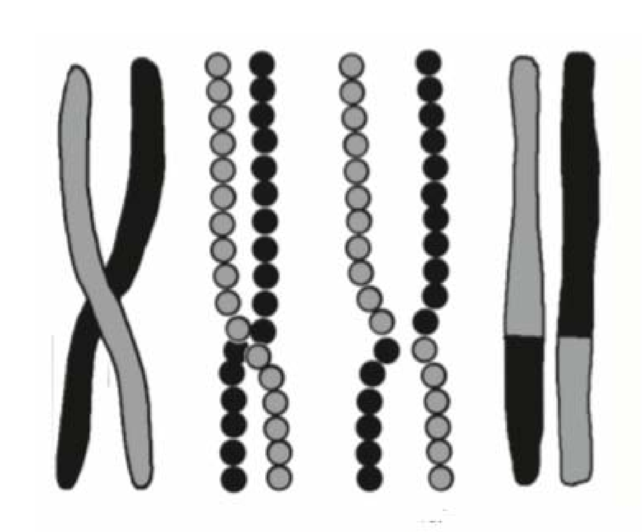
اللولب المزدوج لجزيء الحمض النووي بمحاذاة طوله، ثـم تـرتُبط قواعـد النوكلوتيـدات في كـل نـصف بقواعد جديدة لتكون نسختين من الجديلة الأصلية، ثم يتبع ذلك الانقسام السيتوبلازمي الذي تنقـسم فيه نواة الخلية إلى نصفين لتكون نواتين تضم كل نواة منهما نسخة مـن جديلـة الحمـض النـووي، وفي النهاية ينقسم باقي سيتوبلازم الخلية لتتكون خليتان حقيقيتان النـواة اللتـان كانتـا خليـة واحـدة مـن قبل.

تسمى العملية المكافئة لذلك في الخلايا بدائية النواة التي لا تحتوى على أنوية "الانـشطار الثنـائي"، وفي هذه الحالة تتفكك كتلة الحمض النووي الشريطية الطويلة الموجودة في منتصف الخلية وتكرر نفـسها بأسلوب مشابه للانقسام الميتوزي مكونة نسختين، ثم تبـدأ الخليـة بعـد ذلـك في التمـدد، وأثنـاء هـذا التمدد تنفصل جدائل الحمض النووي الجديد ويتمدد الغشاء البلازمي للخلية، حتى ينقسم إلى جزأين لتنتج خليتين بدائيتين النواة جديدتين.

وتتكون مستعمرات من الخلايا من خلال تلك العمليات-وكـما هـو الحـال في جميـع الكائنـات الحيـاة، تستمر الخلايا في التطور من الخلية المخصبة الأولى وحتى البلوغ.



الأمشاج (الجاميتات)


تقاطع الكروموسومات

للكائنات الحية التي تتكاثر جنسيًا خلايـا جرثوميـة تُعـرف باسـم الجاميتات. في الحيوانات- بما فيها البشر- تسمى الجاميتات الذكرية "حيوانـات منويـة"(sperms) وتـسمى الجاميتـات الأنثويـة "بويضات" (eggs)، أو (ova). في حين أن خلايا الجسم العادية عند البشر خلايا متضاعفة - أي أن لها نـسختين مـن كـل كروموسـوم؛ واحـد مـن كـل والـد- نجـد أن الجاميتات لها نسخة واحدة فقط؛ فهي خلايا فردية.

عند الحمل تتجمع الجاميتات من كلا الوالدين لتكوين الخلية الأولى من النسل- وتـسمى الزيجـوت التي تحتوى على نسختين من كل كروموسوم، كـل نـسخة مـأخوذة مـن جاميتـات كـل والـد، وتتكـون الجاميتات في عملية تسمى "الانقسام الميوزي" التي تتم كما تتم عملية انقسام الخلية، إلا أن بدلا مـن تكوين خليتين تتكون أربع خلايا - كل منهـا يحتـوى عـلى نـسخة واحـدة مـن كـل كروموسـوم، وأثنـاء الانقسام الميوزي تحدث عملية ثانوية يطلق عليهـا "وتقـاطع الكروموسـومات"، وتقـوم تلـك العمليـة بخلط الحمض النووي بكفاءة بين كل كروموسوم من الكروموسومين الموجـودين في الخليـة المنقـسمة، بحيث لا تكون الكروموسومات في الجاميتات الناتجة نسخًا مباشرة.

الأنسجة

تتكون الكائنات الحية من مجموعة كبيرة مـن أنـواع الخلايـا المختلفـة التـي تـؤدي كـل منهـا وظيفة محددة. عند البشر، يوجد حوالي 210 نوع مختلف من الخلايا المـسئولة عـن الخـصائص

المختلفة لأجزاء الجسم، ويُعرف التجمع الكبير لخلايا من النوع نفسه باسم النسيج، ثم بعد ذلك تتحد أنواع مختلفة من الأنسجة لتكون الأعضاء الداخلية للكائن الحي مثل الكبد، والقلب والمخ بالإضافة إلى الدم والعظام، والجلد، والجهاز المناعي.

يوجد لدى الحيوانات أربع فئات مختلفة من النسيج: "النسيج العصبي"الذي ينقل النبضات الكهربية إلى المخ ومنه والتي تحمل المعلومات الحسية والإشارات العضلية، و"النسيج العضلي" الذي له القدرة على الانكماش استجابة للنبضات العصبية التي تمكن الحيوان من الحركة؛ و"النسيج الضام" المسئول عن ضم أنواع النسيج الأخرى معا ويشمل العظام، والغضاريف الموجودة في المفاصل؛ وأخيرًا "النسيج الظهاري (الطلائي)" الذي يكون الجلد والتغطيات الوقائية الأخرى للأعضاء والقنوات.

أما الأنسجة النباتية فهي أبسط من ذلك، ولها ثلاثة مكونات رئيسة: "نسيج البشرة" الذي يشكل التغطية الخارجية للنبات، و"النسيج الوعائي" المسئول عن تدوير مغذيات النبات، و"النسيج الأرضي" الذي يقوم بتصنيع وتخزين الطاقة خلال عملية البناء الضوئي.

التمايز الخلوي

يقوم الجسم بتصنيع أنواع أخرى من الخلايا إلى جانب الخلايا الجسدية التي تشكُّل الأنواع المختلفة من أنسجة الكائن الحي، وهذه الخلايا هي "الخلايا الجرثومية" أو "الجاميتات"، وهي تستخدم في علم الأحياء التناسلي لتمرير جينات الآباء إلى ذرياتهم. وهناك نوع ثالث من الخلايا ألا وهو "الخلايا الجذعية" التي يمكنها أن تنمو لتصبح ضمن النطاق الواسع للخلايا الأكثر تخصصا في الجسم، ويطلق على العملية التي تتحول فيها الخلايا الجذعية إلى أنواع أخرى من الخلايا الجسدية اسم"التمايز الخلوي"، وهي تحدث أولا في المرحلة الجنينية لنمو الكائن الحي عندما تتمايز ما تسمى بالخلايا الجذعية الجنينية لأول مرة. لدى البالغين مخزون من الخلايا الجذعية التي يمكنها أن تتمايز إلى خلايا ضرورية لإصلاح تلف نسيجي عند اللزوم.

وبعض المخلوقات مثل هيدرا المياه العذبة يمكن أن يحدث فيها التمايز الخلوي لنوع واحد من الخلايا الجسدية إلى نوع آخر- عن طريق تحويلها إلى خلية جذعية أولًا ثم إعادة عملية

التمايز الخلوي لتتحول إلى النوع الذي تحتاجه لـشفاء إصـاباتها. وبهـذه الطريقـة يمكـن للهيـدرا التـي انشطرت إلى جزأين أن تنمو متحولة إلى اثنتين من الهيدرا الجديدة.

علم الأحياء الدقيقة

الكائنات الحية الدقيقة

علم الأحياء الدقيقة هو العلم الـذي يـدرس الكائنـات الحيـة الدقيقـة المكونـة مـن خليـة واحـدة، أو مجموعة من الخلايا الصغيرة جدًا لدرجة أنها لا ترى بالعين المجردة، وتُعرف أشكال الحياة تلك باسـم " الكائنات الحية الدقيقة"، أو أحيانًا تُعرف باسم "الميكروبات".

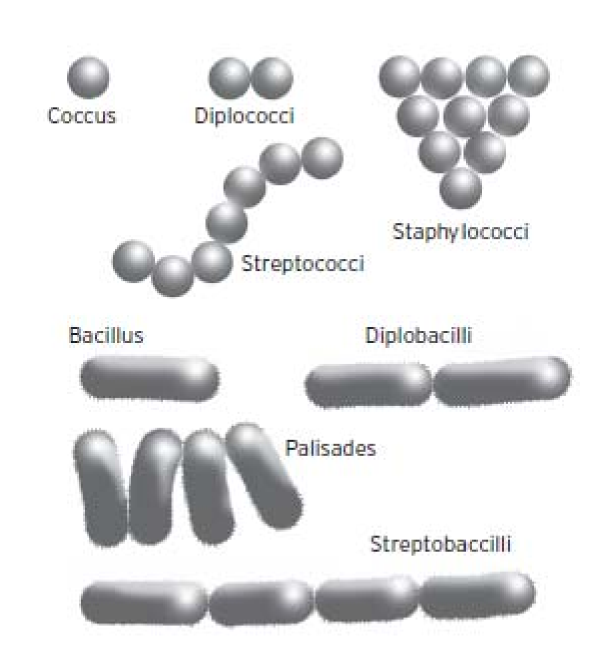
ويمكن أن تتكون الكائنات الدقيقة أما من خلايا بدائية النواة أو حقيقية النـواة، ويمكنهـا أن تعـيش في جميع أجزاء الأرض- من أعماق المحيطات، وحتى أعالي الغلاف الجوي.

وتنتمي معظم سلالات الحياة على كوكب الأرض إلى الميكروبات، وتنقسم الميكروبات بدائية النـواة إلى مجموعتين- البكتيريا، والعتائق. أما الميكروبات حقيقية النواة فتظهر في مجموعات أكثر تنوعًـا؛ حيـث تنقسم إلى عدد من الفئات: "الطلائعيات" وهي الميكروبات حقيقية النواة أحادية الخلية؛ وهناك أيـضًا ميكروبات حيوانية، بالإضافة إلى النباتات الميكروبية والفطريات.

يمكن للكائنات الحية الدقيقة أن تكون حاملة للأخطار أو جالبة للمنافع للكائنـات الحيـة الأكـبر منهـا؛ فبعض سلالات البكتيريا مثل (الجمرة الخبيثة)، و(إيكولاي، سريشيا) يمكنها أن تسبب أنواع ضـارة مـن العدوى، بينما هناك ميكروبات ضرورية للأداء السليم للجهـاز الهـضمي لـدى الحيـوان ولـصحة البيئـة ككل؛ حيث أنها تقوم بتحليل الفضلات العضوية وإعادة تدويرها.



الميكروبات بدائية النواة



تشغل الكائنات الحية الدقيقة المكونة من خلايا بدائية النواة نطاقين أساسيين هما: البكتيريا، والعتائق، كلا النطاقين يتكون من ميكروبات أحادية الخلية، وللبكتريا القدرة على تكرار نفسها في دقائق معدودة، ويتم تصنيفها طبقًا لشكلها أو مايطلق عليه اسم "التشكُّل" ('morphology')؛ فالبكتيريا الكروية تُعرف باسم "المكورات"، والبكتيريا الطويلة عصوية الشكل تُعرف باسم "العصويات"، ويمكن لهذه الأسماء الأساسية فيما بعد أن تأخذ بادئة ما اعتمادًا على كيفية تجمع الخلايا معا في المستعمرة البكتيرية: فالسلالات التي تميل إلى الاقتران بخلية أخرى تأخذ السابقة (diplo)، وتلك التي تشكُّل سلاسل طويلة تأخذ السابقة (strepto)، أما تلك التي تتجمع في مجموعات ثلاثية فلها البادئة (staphylo). ما سبق هو الأنواع الرئيسة إلا إنه توجد أنواع أخرى أيضًا.

على الرغم من أن العتائق تشبه البكتيريا في الحجم والشكل إلا أن التركيب الكيميائي مختلف اختلافًا تامًا عنها، ولعدة سنوات؛ حتى عام 1990 لم تكن الاختلافات بينهم معروفة وكان من المعتقد أنهما من نفس المملكة. ويعتقد أن العتائق هي أول أشكال الحياة على سطح الأرض ظهورًا

الطلائعيات

الطلائعيات هي مملكة من الكائنات الحية الدقيقة حقيقية النواة، وهي تشكُّل تسمية عامة لحقيقيات النواة أحادية الخلية، وفي بعض المخططات التصنيفية الأخرى هناك عدد من

الممالك لتصنيف ما كان يندرج في السابق تحت لواء الطلائعيات. وتضم مملكة الأسناخ الصبغية السوطيات الدوارة (dinoflagellates) التي يمكنها تكوين ما يسمى بالمد الأحمر في المحيطات، كما أنها سامة للحياة البحرية، وتضم هذه المملكة أيضًا الميكروبات المسئولة عن مرض الملاريا.

وهناك عدد كبير من الطفيليات الأخرى تنتمي إلى مملكة الحفارات (Excavata) بينما تتصف مملكة الجذراوات (rhizaria) بكثرة تنقلاتها باستخدام أقدامها البدائية التي يطلق عليها (الأقدام الكاذبة) والتي تستخدمها في التنقل. وهناك سلالات متنوعة من الطحالب تنتمي إلى مملكة النباتات الأصيلة (archaeplastida)- من المثير للدهشة أن عدد كبير من الطحالب لا يصنف على إنه نبات. ومن المعتقد أن هناك حوالي 40 شُعبة مختلفة من الطلائعيات. ويستخدم بعض علماء الأحياء المصطلح أوليات (protozoa) الذي يشير إلى مجموعة فرعية من الطلائعيات تتغذى على المركبات العضوية.

الحيوانات الميكروبية

تُعرف أشكال الحياة الحيوانية متعددة الخلايا، وصغيرة الحجم جدًا لدرجة أنها لا ترى بالعين المجردة باسم (الحيوانات الميكروبية)، وهي تضم العديد من أعضاء شُعبة (مفصليات الأرجل) مثل حشرة إثارة الغبار - من فئة العنكبيات- التي تزدهر في منازل البشر، ومسئولة عن بعض أمراض الحساسية ومنها الربو. وهناك حيوان ميكروي آخر ينتمي إلى فئة العنكبيات هو سوس العنكبوت (Spider mites) الذي يصل حجمه إلى مليمتر واحد.

من الحيوانات الميكروبية الأخرى التي تنتمي إلى شُعبة مفصليات الأرجل الشُعبة الفرعية التي تسمى بالقشريات وهي مجموعة من الحيوانات البحرية- التي تضم السرطان، وجراد البحر- وهي موطن للكائنات الحية الدقيقة التي تكون يكون حجمها مليمتر واحد مثل (متفرعات القرون) المشهورة باسم (البراغيث المائية)، وهي تضم أيضًا (مجدافيات الأرجل)، وهي سلالة تشكُّل بعضًا من الكائنات الحية الدقيقة الحيوانية الموجودة في المحيطات والتي تُعرف باسم "العوالق الحيوانية". من الأمثلة الأخرى للحيوانات

الميكروبية (الديدان الضئيلة) من شُعبة الديدان الأسطوانية، و(الـدّوّارات)- حيوانـات بحريـة أنبوبيـة يصل طولها إلى نصف ملليمتر.

النباتات الميكروبية والفطريات

يمكن للكائنات الحية الدقيقة حقيقية النواة التي لا تنتمي إلى الحيوانات الميكروبية أن تنتمـي أمـا إلى ممالك النبات، أو ممالك الفطريات. تُعـرف سـلالات الكائنـات الحيـة الدقيقـة النباتيـة الـضئيلة باسـم النباتات الميكروبية، فعلى سبيل المثال (اليخضورات) هي أحد أقسام مملكة النبات، وتضم الميكروبـات التي تعيش في الماء مثل الطحالب، وتنتمي العوالق النباتية الموجودة في المحيطـات أيـضًا إلى الكائنـات الحية النباتية الدقيقة.

الفطريات -شأنها شأن النبات- هي أحد أشكال الكائنات الحية التي يشيع وجودها على اليابسة- تنمو في البرية مثل عيش الغراب، إلا أن هنـاك فطريـات مكروبيـة أيـضًا، ومنهـا الخمـيرة، وهـي ميكروبـات أحادية الخلية تستخدم في التخمير والخبز، وتضم أيضًا المجموعة المتنوعـة مـن العفـن- وهـي كائنـات حية دقيقة تنمو غالبًا على الأطعمة التي انتهت صلاحيتها للأكل.. والحفريات الأولية لهذه المملكة تأتي من الدهر الفجري منذ 1.4 مليار سنة مضت.

يـؤدي التكافـل بـين سـلالات الفطريـات الميكروبيـة، والنباتـات الميكروبيـة مـن قـسم اليخـضورات (chlorophyta division) إلى تكون الأشنات - زوائد تشبه النباتات الحزازية يمكن أن تنمو عـلى الأشـجار، أو الحجارة.

الانجذاب الكيميائي

يُعرف الانجذاب الكيميائي على إنه الآلية التي تستخدمها البكتيريـا والكائنـات الحيـة الدقيقـة الأخـرى لإرشاد حركتها كاستجابة لبيئاتها الكيميائية. فالكائنات الحية لها قدرة عـلى الإحـساس بتركيـزات مـواد كيميائية معينة ثم التحرك أما باتجاهها- عـلى سـبيل المثـال إذا كانـت المـادة الكيميائيـة تقـوم بـدور المغذي للكائن الدقيق - أو مبتعدة عنها في حال كانت هذه المادة الكيميائية سامة.

تشعر الكائنات الحية الدقيقة ببيائتها الكيميائية باستخدام مستقبلات معدة لاكتشاف مصادر كل مـن الغذاء والسموم؛ وهذه المستقبلات الموجودة في الكائنات الحية تخبرها ما إذا كانت تتحرك مقتربة من مصدر كيميائي أم مبتعدة عنه.

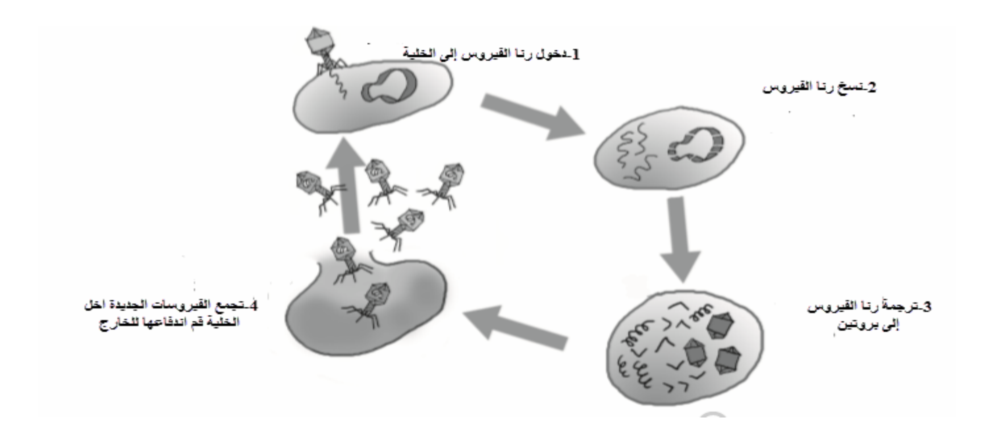
وتستخدم خلايا البكتريا بدائية النواة ما يـسمى بالـسوط- ذيـل ضـارب طويـل- للـدفع والتوجيـه. أمـا الميكروبات حقيقية النواة فمن المعتقد أنها تستخدم وسائل أخـرى للـدفع مثـل الأهـداب التـي تـشبه خصلة الشعر على أجسامها، أو من خلال نمو نتوءات تـشبه القـدم تـسمى "الأقـدام الكاذبـة"، وهنـاك أشكال أخرى من الانجذاب تمكن الكائنات الحية الدقيقة من توجيه حركتها طبقًـا للمـؤثرات بمـا فيهـا مستويات الضوء (انجذاب ضوئي)، أو الحرارة (انجذاب حراري)، أو المجال الكهربي.(انجذاب جلفاني).

الفيروسات

الفيروسات أصغر من البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة الأخرى، وعادة لا يزيد قطرها عن بـضع مئـات النانومترات، وهي ليست أشكالًا مستقلة للحياة بل تتكون فقط من جديلة من مادة وراثيـة (الحمـض النووي، أو الحمض النووي الريبوزي) محاطة بغلاف بروتيني خارجي، وهي عادة صـغيرة جـدًا لدرجـة أنها لا ترى بالميكروسكوب العادي بل لابد من استخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح.

تكرر الفيروسات نفسها مـن خـلال غـزو الخلايـا واختطـاف آليتهـا في نـسخ البروتـين وتـستخدمها في تكـوين فيروسات جديدة، ثم تستمر الفيروسات الجديدة في الانتشار وتقوم أثناء ذلـك بتـدمير الخليـة، ويمكـن لكل فيروس جديد أن يصيب خلية جديدة وهكذا دواليك.

والطبيعة المدمرة للفيروسات تعني أنها غالبًا تسبب الإصابة بأمراض تهدد الحياة مثـل الإنفلـونزا، وداء الكلب، والتهاب الكبد الوبائي، والأيدز. من الممكن علاج الأمراض الفيروسية، أو التصدي لهـا باسـتخدام اللقاحات ومضادات الفيروسات. وعلى الرغم من ذلك، ليست كل الفيروسات مـضرة، فهنـاك فيروسـات يطلق عليها (العاثيات) تقوم باستهداف الخلايا البكتيرية الضارة، كما أن الفيروسـات تـستخدم أيـضًا في العلاج الجيني.



النانوبيات

اكتشفت النانوبيات عام 1996، وقد تكون هي أصغر أشكال الحياة المعروفة- عرضها 20 نانومتر فقط حيث أن حجمها يساوي عشر أصغر الكائنات الحية الدقيقة. وقد عثر العالم الإسترالي فيليبا يووينز من جامعة كويزلاند على النانوبيات لأول مرة في عينات من الصخور التي تكونت خلال الفترة بين بدايات الحقبة الوسيطة، ومنتصفها.

كانت عبارة عن فروع كالأصابع تشبه البنية الميكروسكوبية بعض الفطريات الميكروبية، وزعم يووينز أنها تمثل أحد الأشكال الجديدة للحياةKإلا أن هذا الزعم لاقى اعتراضًا من بعض الباحثين الذين جادلوا على أن هذه البنى ليست أشكالًا للحياة على الإطلاق، إنما هي زوائد بلورية بسيطة في الصخور. وفي عام 2001 أعلن يووينز عن نتائج بحث جديد يبدو إنه قد كشف عن وجود حمض نووي في النانوبيات.

علم الأحياء الجزيئي

نيوكليوتيد

يدور علم الأحياء الجزيئي حول تطبيق مبادئ الكيمياء الحيوية لتفسير علم الوراثة - كيفية تخزين خطة الكائن الحي داخل أنوية الخلايا، وكذلك كيفية تمرير هذه المعلومات للذرية خلال التكاثر وهو ما يُعرف باسم الوراثة.

تقوم الخلايا بتخزين ومعالجة المعلومات على جزيئات تسمى الأحماض النووية الريبوزية (RNA)، والأحماض النووية الريبوزية منقوصة الأكسچين (DNA)، وهي بوليمرات مكونة من سلاسل طويلة تتكون أحيانا من مئات الملايين من جزيئات أصغر تُعرف باسم النيوكليوتيدات. ويتكون كل نيوكليوتيد من سكريات أما ريبوزية (توجد في الحمض النووي الريبوزي)، أو ريبوزية منقوصة الأكسچين (موجودة في الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسچين) ويرتُبط بجزيئات فوسفات متنوعة-مركبات هيدروچين، وأكسچين وفوسفات، لكن هناك عنصرا ثالثا هو الأكثر أهمية - تحتوي جزيئات النيوكليوتيدات أيضا على مواد كيميائية تسمى القواعد، وهي مركبات عضوية من الهيدروچين والنيتروچين والكربون. وهناك 5 قواعد النوكلوتيدات لها علاقة بعلم الأحياء الجزيئي، وهي:الأدنين (A)، والجوانين (G)، وثايمين(T)، والسايتوسين (C)، واليوراسيل(U). والروابط بين هذه القواعد والتي تشكُّل ما يسمى (أزواج قواعد) هي ما يشكل خصائص البنية المزدوجة للحمض النووي منقوص الأكسچين وتخزن المعلومات التي تدعم الحياة.

الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين (الدنا) **DNA**

الدنا (DNA) اختصار (deoxyribo nucleic acid) وتعني الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسچين، وهو جزيء كبير لبوليمر يتكون من سلسلة طويلة من النوكليودات التي تتكون من سكر ريبوزي منقوص الأكسچين، ومجموعة فوسفات، وأحد القواعد النوكليودتية الأربعة، وهي الأدنين (A)، والجوانين (G)، وثايمين (T)، والسايتوسين(C).

يترتُب الدنا في الكائنات الحية حقيقية النواة الكبيرة مثل البشر في نواة الخلية في أطوال تُعرف باسم الكروموسومات والتي يمكنها أن تكون طويلة للغاية- أطول كروموسوم بشري عبارة عن سلسلة تتكون من أكثر من 200 مليون نوكليوتيد. تسلسل قواعد النيوكليوتيدات على طول جزيء الدنا، على سبيل المثال -CTTCGA- هو ما يقوم بتشفير كل المعلومات عن تركيب الكائن الحي تماما مثل بتات البيانات الثنائية. وتمثل كل مجموعة مكونة من ثلاثة قواعد في التسلسل ما يكافيء بايت من المعلومات الوراثية ويطلق

عليها اسم كودون (codon). الدنا لكل كائن حي يكون فريدًا من نوعه- وهي حقيقة اتضحت فائـدتها في اختبارات تحديد النسب والطب الشرعي.

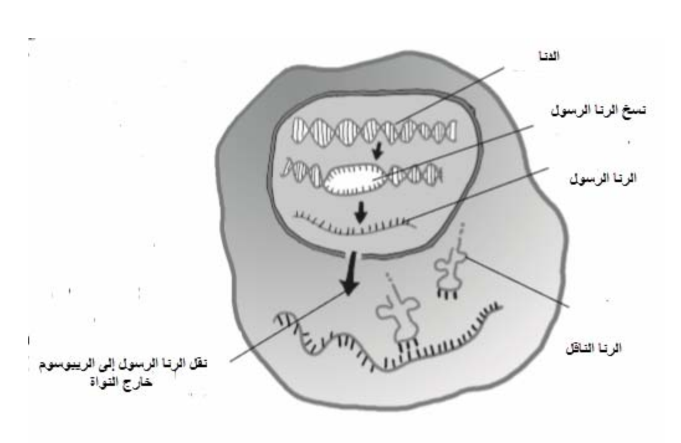
التركيب اللولبي المزدوج

لا تتكون الكروموسومات من شريط واحد من الدنا بل شريطين ملتفين حول بعضهما البعض في تركيب لولبي مزدوج. وترتُبط قواعد النيوكليوتيدات على أحد الشريطين مع القواعـد الموجـودة عـلى الـشريط الأخر لضم جزأي اللولب معا،

ولا يمكن لأي نوع من القواعد إلا أن يرتُبط بنوع آخر وحيد- تـرتُبط (G) ب (C) فقـط،و (A) ب (T)، وهذا يعني أن الشريطين ليسا متطابقين بل أن كل منهما يحدد الشفرة الوراثيـة للكـائن الحـي بـشكل فريد وهي حقيقة خطيرة في تكرار الدنا- مرحلة رئيسة في انقسام الخلية الـذي فيـه ينفـك اللولـب إلى شريطين منفصلين، وترتُبط القواعد في كل شريـط مـرة أخـرى واحـدة تلـو الأخـرى بنظيراتهـا الجديـدة لتكوين لولبين جديدين مكتملين. وقد اكتشف التركيب اللـولبي المـزدوج للـدنا عالمـا الأحيـاء الجزيئيـة فرانسيس كريك وجيمس واستون عام 1953.

الحمض النووي الريبوزي (الرنا)

الرنا أو الحمض النووي الريبوزي هو الشبيه الجزيئي للـدنا، وهـو أيضا سلسلة طويلة من جزيئـات كبيرة من النيوكليوتيـدات، إلا أن الرنا يبنى مـن الـسكر الريبـوزي بـــدلا مـــن الريبـــوز منقـــوص الأكسجين.



وكـما هـو الحـال في الـدنا، يـضم كـل نيوكليوتيـد في الرنـا أحـد القواعـد: وهـي الأدنـين (A)،

والسايتوسين (C)، والجوانين (G)،. واليراسيل (U)، بدلا من ثيامين الدنا.

وفي حين أن الدنا يتواجد في صورة لولب مزدوج نجد أن الرنا يتكون عادة من شريط فردي. والرنا لـيس الحامل الرئيسي للمعلومات الوراثية - باستثناء الفيروسات- بل يخدم مجموعة من الأغراض الثانوية.

يستخدم ما يسمى بالحمض النووي الريبوزي الرسـول (mRNA) في إنتـاج البروتينـات في الخليـة والتـي تحمل المعلومات الوراثية من النواة إلى مواقع الريبوسوم، حيث يقوم الحمض النووي الريبوزي الناقـل بإرشاد الأحماض الأمينية معا بالتسلسل الذي يمليه الحمض النووي الريبـوزي الرسـول، وفي أثنـاء ذلـك تتم صناعة الريبوسوم نفسه من الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي (rRNA)

الجينات

الجين هو مقطع من تسلسل الدنا في نواة خلية الكائن الحي ويحتوي على المعلومات اللازمـة لتـصنيع بروتين معين ليستخدم داخل جسم الكائن الحي، ويقوم كل كـودون بتحديـد حمـض أمينـي معـين في السلسلة المكونة للبروتين، وبهذه الطريقة تكون الچينات عبارة عن مجموعة من البيانـات التـي تقـوم بتسجيل كل شيء عن الكائن الحي- من لون بشرته، وتخطيط أعـضائه الداخليـة ووظائفهـا وصـولا إلى عمل الخلايا الفردية.

ولكن الچينات لا تقوم بتحديد الكائن الحـي فقـط- حيـث أن چينـات الوالـدين تنـدمج معـا لتـأليف التكوين الوراثي لذريتهما، فأبناؤنا يرثـون خـصائص منـا- مثـل ملامـح الوجـه، والـذكاء، وفـصيلة الـدم- وچيناتنا هي المسئولة عن ذلك.

وهناك امتدادات بين الچينات يطلق عليها الحمض النووي الريبـوزي منقـوص الأكـسچين غـير المـشفر، التي من المعتقد أن بعضها يلعب دورا في تنظيم التعبير الچيني إلا أن وظيفـة بقيتهـا لـيست معروفـة بشكل كبير مما أدي إلى تسميتها بالدنا النفاية (Junk DNA).

وقد لاحظ عالم الأحياء السويسري (يوهان ميستشر) الدنا لأول مرة عام 1869 أما التركيـب اللـولبي المـزدوج فقـد اكتـشف عـام 1953، لكـن مـن أدرك لأول مـرة أن الـدنا هـو

الجزيء الحامل للچينات كان فريقا يعمل بنييورك تحت قيادة العالم أوسوالد أفيري عام 1944.

التعبير الجيني

تُعرف عملية استخدام المعلومات المخزنة على هيئة چينات على شرائط الدنا لتصنيع البروتينات داخل الكائن الحي باسم "التعبير الچيني"، وتتم هذه العملية في أحد ريبوسومات الخلية، وتحتوي كل خلية في الكائن الحي على نسخة من شفرته الوراثية كاملة إلا أن أي خلية لا تستخدم إلا جزءً صغيرا من هذه الشفرة، فمثلا خلايا الجلد لا تحتاج إلى معرفة كيفية عمل البنكرياس. وتقوم الخلايا بتحديد بروتينات الشفرة الچينية التي تعبر عنها من خلال عملية يطلق عليها (ميثلة الدنا) $$$ حيث يضاف مركب الميثيل -صيغته الكيميائية -CH_3 - إلى نيوكليتيدات السايتوسين في الچينات التي لا تحتاجها لمنع التعبير عنها

الأليلات

الأليلات هي أشكال مختلفة لنفس الچين. خذ نسختين من نفس كروموسوم الدنا، ثم انظر إلى تسلسل قواعد النيوكليوتيدات عند نفس النقاط تماما على كل كروموسوم مناظر لچين معين- فإذا كانت مختلفة فيقال أن الكروموسومين لهما أليلات مختلفة من هذا الچين، ومن أمثلة ذلك فصائل الدم البشرية التي يوجد الچين الخاص بها على كروموسوم 9، حيث تناظر التسلسلات المختلفة للنيوكليوتيدات على طول امتداد الكروموسوم 9- حيث يقع الچين -أليلين مختلفين والذين يظهرا نفسهما على هيئة فصائل الدم البشري المختلفة.

الزيجية

عندما تندمج خلية حيوان منوي مع خلية بويضة خلال التكاثر الجنسي تندمج النسخ الفردية من كل كروموسوم والموجودة داخل نواة الخلية لتعطي أزواج الكروموسومات التي تستقر في خلية الزيجوت الناتجة.



تهتم الزيجية بمقارنة أليلات الجينات المختلفة الموجودة على الكروموسومات في كل زوج. وتُعرف مجموعة الأليلات المختلفة القادمة من الكروموسومين باسم النمط الجيني للكائن الحي بينما يشار إلى البروتينات الفيزيائية - أي السمات أو خصائص الكائن الحي- التي تترجمها باسم النمط الظاهري.

عندما يكون لنسختي الكروموسوم الأليل نفسه لجين مسئول عن سمة معينة يطلق على النمط الجيني "متماثل الزيجوت" أما عندما يكون لهما أليل مختلف فيطلق على النمط الجيني "متغاير الزيجوت"، وإذا كان أحد الآليلين غير موجود يطلق على النمط الجيني "نصفي الزيجوت"، أما إذا كان كلا الأليلين غير موجود فيطلق على النمط الجيني " صفري الزيجوت".

السيادة الوراثية

النمط الجيني ABO عند الذرية	الأليلات الموروثة من الأم		
الأليلات الموروثة من الأب	A	B	O
A	A	AB	A
B	AB	B	B
O	A	B	O

عندما تكون آليلات جين على كروموسومين مقترنين متغايرة الزيجوت لا يكون واضحا أي الكروموسومين يتم التعبير عنه وهنا يأتي دور السيادة الوراثية. وتقدم الأنماط الجينية التي تنتج فصائل دم بشرية مختلفة يحددها كروموسوم 9 (نمط جيني متماثل) مثالًا على ذلك؛ فأليلات فصائل الدم يمكنها أن تأخذ واحدة من ثلاث صيغ- A، أو B، أو O عندما يكون أليل A موجودًا على كلا نسختي كروموسوم 9 (نمط جيني متماثل الزيجوت) أو عندما يكون الأليل له اتحاد Aو O متماثل الزيجوت يكون النمط الجيني الناتج هو فصيلة الدم A، وهنا يسمى A سائدًا و O متنحيًا. ويمكن ل B أن يسود O بالطريقة نفسها، ولا تصبح فصيلة الدم لها النوع O إلا عندما يكون للكروموسومين نمط جيني متماثل الزيجوت OO. وهناك حالات خاصة تنشأ في النمط الجيني AB مما

يؤدي إلى نمط ظاهريِ AB- ويقال عندئذ أن A، وB كلاهما سائد، ومن الحالات الأخرى: لون العيون الزرقاء والبنية في البشر- أليل اللون البني سائد بينما أليل اللون الأزرق متنحي.

التحويرات الجينية

تُعرف التغيرات الحادثة للچينات المخزنة على تسلسل الدنا لكائن الحي باسم التحويرات الچينية، ويمكن للإزاحات الحادثة في النمط الچيني للكائن الحي التي تحدثها هذه التحويرات أن تسبب إزاحات في النمط الظاهري المناظر- السمات الفيزيائية للكائن الحي. أحيانا تكون هذه التحويرات مفيدة؛ على سبيل المثال، تقوم التحويرات الطبيعية التي يحدثها خلط الدنا لكائن الحي خلال عملية تقاطع الكروموسومات عند تكوين خلايا الجاميتات التناسلية بدفع التطور بواسطة الانتخاب الطبيعي أما التحويرات الأخرى فتحقق نفعا أقل؛ فهي تحدث للدنا بواسطة مواد كيميائية معينة وبواسطة تأيين الإشعاع مثل الإشعاعات الناتجة من التحلل الإشعاعي والتي قد تؤدي إلى الإصابة بالسرطان.

ويمكن أن تتسبب الامتدادات المرتدة للدنا المعروفة باسم (الچين القابل للنقل) - لكنها تعطى الاسم المستعار (الچينات القافزة) نسبة إلى قدرتها على القفز إلى أماكن مختلفة في تسلسل الدنا للخلية -في تحويرات أكثر، ومن المعروف أن الچينات القابلة للنقل تتسبب في أمراض خطيرة منها السرطان، والطاعون.

الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين المؤتلف

التحويرات الچينية وسيلة يمكن لشفرة الدنا لكائن الحي أن تتغير بها بطريقة لا يمكن التحكم بها، أما نتيجة لأسباب طبيعية أو بسبب تأثير الملوثات في صورة مواد كيميائية أو إشعاعات، لكن هناك وسيلة أخرى أكثر تعمدا من أجل تغيير چينات الكائن الحي ألا وهي الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسچين المؤتلف، وهي تتم من خلال تركيب تسلسل الدنا بطريقة اصطناعية في مختبر ثم دمجه في التسلسل الچيني الموجود للكائن الحي من أجل إحداث التغيير الفيزيائي للكائن الحي بمحرد التعبير عن الدنا الجديد. ويمكن إدخال الدنا الجديد إلى الكائن الحي باستخدام وسائل عدة.

تعمل الفيروسات من خلال حقن المادة الچينية الخاصة داخل الكائن الحي المضيف وبالتالي فإن أحد طرق إدخال الدنا الجديد تكون عن طريق إحلال الدنا المؤتلف محل الشفرة الچينية للفيروس وإصابة المضيف بها ؛ ويمكن أيضا استخدام البلازميدات البكتيرية بنفس الطريقة. وقد تم تطوير تقنيات تكوين الدنا المؤتلف لأول مرة في أوائل السبعينيات من القرن العشرين، وهي الآن تشكُّل أساس تكنولوچيا التعديل الوراثي مثل الأطعمة المعدلة وراثيا والأحياء الاصطناعية

علم الجينيوم

يشار إلى الشفرة الوراثية الكاملة للكائن الحي- تسلسل النيوكليوتيدات A، وG، وT، وC التي تحصل عليها عندما تقوم بفرد كروموسومات الدنا من نهايتيها والرسم التفصيلي لكيفية انقسام هذا التسلسل إلى أجزاء تشكُّل الچين ب "چينيوم" الكائن الحي. أما الدراسة العلمية لچينومات الكائنات الحية المختلفة فيطلق عليها "علم الچينيوم"، والهدف من هذه الدراسة هو القدرة على تحليل التسلسل الچيني الكامل لأي كائن حي من أجل التكهن بسماته الجسدية.

ينقسم علم الچينيوم إلى ثلاثة فروع: "علم الچينيوم الهيكلي" الذي يستخدم العمليات الكيميائية وكميات من طاقة الحوسبة من أجل محاولة رسم چينيوم الكائنات الحية؛ و"علم الچينيوم الوظيفي" الذي يدور حول التعبير الچيني - كيفية ترجمة الچينات تمامًا إلى سمات- وكيفية تغير هذه العلاقة تحت ظروف مختلفة؛ وأخيرًا "علم الچينيوم المقارن" الذي يحاول أن يوازي بين چينومات السلالات المختلفة في محاولة لتحقيق فهم أعمق لسلالة ما من خلال تحليل چينوم سلالة أخرى.

أول كائن حي تمت معرفة التسلسل الچيني له هو الفيروس البكتيري (bacteriophage virus) عام 1977.

وقد بدأ علم الچينيوم في الانطلاق في الثمانينات، وفي عام 2001 اكتملت أول مسودة للچينيوم البشري- إنه مشروع الچينيوم البشري.

التسلسل الجيني

معرفة التسلسل الچيني هي إحدى الأدوات الرئيسة في علم الچينيوم - وهي استخدام وسائل كيميائية لقراءة تسلسل قواعد النيوكليتيدات التي تشكُّل شريط الدنا. هناك طريقتان أساسيتان: طريقة "ماكسام جيلبرت" التي يتم فيها تقطيع شريط الدنا باستخدام إنزيمات ثم معالجة الأجزاء الناتجة باستخدام مواد كيميائية متنوعة بحيث يتفاعل كل منها مع قاعدة واحدة فقط من قواعد نيوكليوتيد الدنا الأربعة من أجل استنتاج التسلسل.

أما طريقة"سانجر" فهي وسيلة أخرى يتم فيها تصنيع شريط دنا جديد من عينة الاختبار، ويمكن إيقاف هذا التصنيع عند أي نقطة وإضافة مادة كيميائية تتفاعل مع إحدى قواعد النيوكليتيدات الأربعة، وبملاحظة أي المواد الكيميائية تقوم بإيقاف التصنيع يتم الكشف عن القاعدة التالية، وبتكرار العملية يمكن معرفة تسلسل الدنا كاملًا. وتعتبر طريقة "سانجر"طريقة ممتازة بشكل عام؛ حيث أنها ممكنة التطبيق على الرنا أيضًا، كما أن يمكن أتمتتها بشكل كامل.

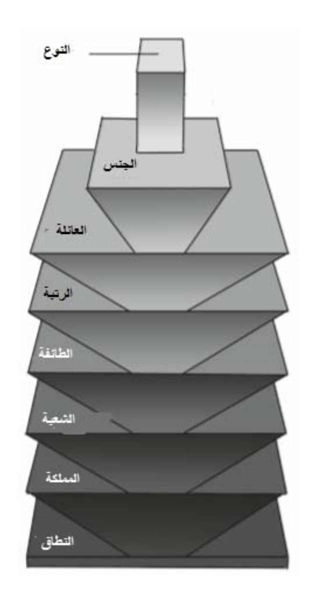
مشروع الجينيوم البشري

كان مشروع الچينيوم البشري الذي بدأ عام 1988 جهدًا عالميًا لوضع رسم تفصيلي للچينيوم البشري، وفهرسة أزواج القواعد التي يتكون منها كل چين في تسلسل الدنا البشري. والچينيوم البشري چينيوم ضخم طوله 3 مليار زوج من القواعد؛ إلا أن الإنسان النموذجي ليس لديه إلا حوالي 24000 چين مفيد. واكتملت المسودة التقريبية للتسلسل والتي كلفت 3 مليار دولارعام 2001، بينما اكتمل التسلسل كله في عام 2003.

يسعى الباحثون الآن إلى اكتساب رؤية أعمق حول وظائف جميع الچينات التي تشكُّل الچينيوم البشري- وهو مشروع سيجلب فوائد صحية كثيرة من خلال الطب الوراثي. وتهدف مشروعات أخرى إلى وضع رسم تفصيلي لتغيرات الچينيوم بين المجموعات العرقية المختلفة، ووضع رسم تفصيلي لتسلسلات الدنا للأفراد- عام 2007 نشر عالم الأحياء الأمريكي كرياج فينتر تسلسله الچيني كاملًا وبذلك أصبح أول شخص في التاريخ يفعل ذلك.

التصنيف الحيوي

التصنيف الحيوي



يوجـد حاليـا أكـثر مـن 1.5 مليـون نـوع مـن الحيوانـات والنباتـات والكائنات الدقيقة المعروفة في مجال العلـوم، ويقسـم علـماء الأحيـاء هذا التنوع الغزير في أشكال الحياة إلى فئـات يعتمـد كـل منهـا عـلى شـكل الكـائن الحـي ومظهـره علـم التـشكُّل)، وتـشريحه باسـتخدام مخطط يـشار إليـه باسـم "التـصنيف الحيـوي". وتترتُـب الحيـاة عـلى كوكب الأرض على شكل بنية هرمية من خلال نظـام تـصنيف حـديث يستخدم ثمـاني مراتـب أو تـصنيفات، ويُعـرف الترتيـب العلـوى باسـم "النطاق" وينقسم كل نطاق إلى عدة ممالك، والتـي تنقـسم إلى عـدد من الشُعب، وتنقسم هذه الشُعب بدورها إلى طوائـف ثـم رتُـب ثـم عائلات ثم أجناس ثم أنواع.

وضع عالم النبات والحيوان السويدي (كارل لينوس) أساسات هذا النظام في أوائل القـرن الثـامن عـشر، كما إنه عَّرف التسمية الحيوية ذات الجزأين، والمعروفة باسم "التسمية الثنائية"، والتي يتم من خلالهـا تسمية الكائنات الحية الحديثة، وهي تستخدم مقطعين- الأول هو الجنس الـذي ينتمـي إليـه الكـائن، ويبدأ بحرف كبير، ويتبعه اسم النوع مكتوبًا بحروف صغيرة- كلاهما مكتوب بأحرف مائلة. على سـبيل المثـال، الإنـسان المعـاصر-Homo sapiens- ينتمـي إلى جـنس (Homo)، وتـضاف لاحقـة النـوع وهـي (sapiens). وقد أضيف إلى هذا النظام عدد من الفئات المتوسطة مثل "النوع"، و"تحت طائفة".

النطاقات

النطاقات هي أعلى مرتُبة تصنيفية للكائنات الحية في العالم الطبيعي، وتوجد ثلاثة منها في المخطط التصنيفي الحديث، وهي مبنية على التكوين الجيني لخلايا الكائن الحي- تتكـون

كل من العتائق والبكتريا من خلايا بدائيات النواة، أما حقيقيات النواة فهي كائنات تتكون من خلايا حقيقية النواة.

الممالك

المجموعة التالية التي تنحدر من النطاقات في التصنيف الحيوي هي الممالك. كان في مخطط كارل لينوس الابتدائي للتصنيف مملكتان فقط: مملكة الحيوان ومملكة النبات إلا أن وجهة النظر تلك سرعان ما تطورت تدريجيًا وأصبح هناك ست ممالك من أشكال الحياة معروفة في مجال العلوم. تنتمي مملكة البكتريا القديمة إلى نطاق العتائق، وهي تستمد غذاءها من التمثيل الكيميائي، ويضم نطاق البكتريا مملكة واحدة أيضًا وهي: مملكة الجرثوميات والتي تتغذى خلال عدة عمليات أخرى غير التمثيل الكيميائي، أما الأربع ممالك المتبقية فتقع تحت نطاق حقيقيات النواة.- وهي مملكة الحيوان، والنبات والطلائع والفطريات- والتي تختلف عن النباتات في أنها لا تقوم بعملية البناء الضوئي.

الشُعب

تقع الشُعبة في مخطط التصنيف الحيوي الحالي أسفل المملكة، وأعلى الطائفة، وتوجد تقريبا 40 شُعبة في مملكة الحيوان، ومنها الرخويات (الرخويات البحرية)، والمسودات (الديدان الخيطية) والفقاريات- الشُعبة التي تضم الطيور، والزواحف، والبرمائيات، والثدييات (بما فيها الإنسان).

في علم النبات- العلم الذي يدرس النبات والفطريات- تُعرف الشُعب باسم "الأقسام"، وتشمل أقسام مملكة النبات: كاسيات البذور (النباتات المزهرة)، والسرخسيات (الخرزيات)، والنباتات اللاوعائية (الحزازيات)، وأقسام أخرى كثيرة. بينما تنقسم مملكة الفطريات إلى ستة أقسام: الفطريات البازيدية، والفطريات الكيسية، وفطريات (acophycophyta)، والفطريات التزاوجية، والفطريات الناقصة، والفطريات الكببية- ويتم تصنيف أنواع عيش الغراب المختلفة طبقا لفروقات في أعضائها التناسلية. هناك وشُعب للكائنات الحية الدقيقة أيضًا. وهناك خمس شُعب في مملكة البكتريا القديمة، وهي العتائق المصدرية،

والعتائق العريضة، والعتائق الشابة، والعتائق شديدة الصغر، والعتائق العجيبة، وهناك شُعب أكثر من ذلك في مملكة البكتريا الحقيقية.

الطوائف

الطائفة هو الاسم الذي يطلق على مجموعات الحياة في العالم الطبيعي والتي تأتي مباشرة بعد الشُعبة، وهي النقطة التي تبدأ فيها أعداد المجموعات في مخطط التـصنيف الحيـوي في أن تـصبح كبـيرة جـدًا، وتصبح أسماء الطوائف مألوفة بشكل أكثر قليلًا- ومنها الزواحف، والثدييات، والطيور، والبرمائيات.

الرتُب

الرتُبة هي فرع التصنيف الحيوي الذي يقع تحـت الطائفـة، ويـضم العـائلات المتـشابهة حيويًـا. مثـل: اللواحم، وهي الرتُبة أكلة اللحوم والتي تنتمي إلى طائفـة الثـدييات، والقـوارض- وهـي أعـضاء صـغيرة تنتمي إلى طائفة الثـدييات، والورديـات التـي تغطـى الـورود والـسحلبيات في مملكـة النبـات. أمـا البـشر فينتمون إلى رتُبة الرئيسيات التي تضم القردة، والغوريلات.

العائلات

العائلة هي المستوى الذي يدنو الرتُبة بمرتُبة تصنيفية واحدة، وتتبع تسميات العـائلات صـيغًا محـددة يخـتم فيهـا الاسـم بـالمقطع"idae"، عـلى سـبيل المثـال: القططيـات (Felidae) (القطـط) والتمـساحيات (Crocodylidae) (التماسـيح)- والأسـماء النباتيـة؛ أي أسـماء النباتـات والفطريـات تنتهـي أمـا بـالمقطع (aceae)، أوبـالحرف (e) فقــط- مثــل النجميــات (maples) (Aceraceae)، والخيزرانــات Bambuseae ((bamboo)).

يشغل البشر عائلة البشريات (Hominidae) المعروفة أيضا باسم القردة العليا (great apes) والتـي تـضم أيضا الشمبانزي والغوريلا وإنسان الغاب. أما (الحمام) فيحتـل عائلـة الحماميـات (Columbidae) التـي أصبحت الآن المنتمي الوحيد لرتُبة حماميات الـشكل (Columbiformes) بعـد انقـراض عائلتهـا الأخـرى رافينيات (Raphidae)- بما فيها طائر الدودو.

الجنس

يطلق على فئة التصنيف الحيوي التي تقع بين العائلة والنوع اسم الجنس.وفي التسمية الثنائية للأنـواع يكون أول المقطعين المستخدمين هو دامًا جنس الكائن الحي ويبدأ دامًا بحرف كبير، على سبيل المثـال تحمل القطط الأليفة الاسم (Felis catus)- حيث (Felis) هو الجنس الذي تنتمي إليه.

وفي حين تتحدد التصنيفات الأخرى في مخطط تصنيفات الحياة على كوكب الأرض من خـلال اعتبـارات حيوية دقيقة، تتحدد التقـسيمات بـين الأجنـاس بطريقـة اعتباطيـة نـسبيا - عـن طريـق البحـث عـن الفجوات الطبيعية بين تجمعات الأنواع الواضحة.

وقد اقترح بعض الباحثين تعريفا للأجناس ذات الفائدة العلميـة الأكـثر قلـيلا في أنهـا يجـب أن تـشكُّل مجموعة من الكائنات الحية التي يمكن أن تهجن لينتج منها هجائن.

على سبيل المثال يمكن أن تتناسل الأسود والنمور وينتج الأسـد البـبري (ligers) إلا أن في الوقـت الحـالي هذا المخطط لا يعدو كونه اقتراح. وأحيانا تحمل الأسماء الشائعة للكائنات الحية أوجه شبه مع أسـماء جنسها - مثل جنس الأكاسيا (أشجار الأكاسيا)، وجنس الفيل الآسيوي (Elephas) (الأفيال)، ويصبح هـذا على وجه الخصوص صحيحا عندما يكون الاختلاف بين السلالات الفردية لنوع ما 'طفيفة للغاية.

الأنواع

الأنواع هي التصنيف الأخير والأكثر تحديـدا في التـصنيف الحيـوي لأشـكال الحيـاة عـلى سـطح الأرض، وينظر عامة إلى الأنواع على أنها مجموعة من الكائنات الحيـة التـي تتـشابه في خصائـصها الحيويـة إلى درجة تمكِّنها من التناسل مع بعضها البعض لإنتاج نسل خصب.

أما الأنواع المتشابهة لكن غير متطابقة، يمكنهـا أن تهجـن لتنـتج هجـائن(معظمهـا عقـيم) تظـل غالبـا منتمية إلى نفس الجنس.

ومع ذلك يتجادل علماء الأحياء حول التعريف الدقيق للأنواع وكيفية تخصيص أسـماء أنـواع للكائنـات الحية المكتشفة حديثا، ويُعرف ذلك باسم "مشكلة الأنواع".

وهناك العديد من الحلول المقترحة بدءا من ترتيب الأنواع طبقا لتـوارث شـكلها الجـسدي أو تـشكُّلها، وحتى تصنيفها طبقا للـنمط المحـدد الـذي تحتلـه في بيئتهـا قـد تـصل أعـداد الأنـواع عـلى الكوكـب - الكائنات الحية الدقيقة بالإضافة إلى النباتات والحيوانات، والفطريات- إلى مئـات الملايـين، فهنـاك 1.25 مليون نوع من الحيوانات وحدها، ومئات الآلاف من أنواع النباتات، وملايين أكثر من البكتريا.

وبمرور الزمن تتكيف الكائنات الحية التي تنتمي إلى نفس النوع في مواقع جغرافية مختلفة مع بيئاتهـا وتتطور من خلال الانتخاب الطبيعي لينتج عنها أنواع جديدة تماما.

التاريخ الطبيعي

تشكُّل سلسلة الحياة على سطح الأرض مأخوذة معًا -من النطاقـات وصـولا إلى الأنـواع- أحـد مجـالات العلوم والذي يُعرف باسم التاريخ الطبيعي، وتضم التعريفات البدائية لهذا المـصطلح والتـي تعـود إلى عصر العلماء اليونانيين القدماء في القرن الرابع قبل الميلاد، أيضا نواح غير حية مـن كوكـب الأرض مثـل علـم الجيولوجيـا إلا أن في الوقـت الحـالي عـادة يُحجـز هـذا المـصطلح لدراسـة الحيوانـات والنباتـات والفطريات.

وينقسم التاريخ الطبيعي بشكل عام إلى قـسمين: علـم النبـات (دراسـة النباتـات والفطريـات)، وعلـم الحيوان (دراسة الحيوانات مثل الطيور، والحشرات، والزواحف والبرمائيـات)- مـصحوبا عـادة بالتأكيـد على الملاحظة الميدانية بدلا من الدراسة العلمية القاسية، ولهـذا الـسبب يعتـبر بعـض العلـماء التـاريخ الطبيعي فرعا من العلوم الشُعبية-مجال التليفزيون والأفلام الوثائقية، والمجلات- أكثر من كونه مسعى علمي حقيقي.

علم الحيوان

الحيوانات

الحيوانات هي أعضاء المملكة الحيوية الحيوانية (Animalia) وتـضم الطيـور، وذوات الـدم البارد، والبرمائيـات التـي يمكنهـا العـيش في المـاء وعـلى اليابـسة كـذلك، والحـشرات ذات الهياكل الخارجية، والثدييات التي تلد. والحيوانات كائنات حقيقية النواة متعـددة الخلايـا

تتكاثر عن طريق التكاثر الجنسي- اندماج خلايا الجاميتات من والدين مختلفي الجنس لإنتاج ذرية. ولأن الحيوانات لا قدرة لها على القيام بالتمثيل الكيميائي أو البناء الضوئي فهي تحصل على غذائها من خلال تناول كائنات حية أخرى، والمصطلح العلمي الذي يطلق على ذلك هو مصطلح التغذية غير الذاتية (heterotrophy)، ولهذا السبب تكون معظم الحيوانات قادرة على الحركة مما يمكنها من السعي وراء غذائها وهذا حتم تطور جهازها العصبي بحيث يمكنها من تعرف مصادر الغذاء ومن الاستجابة للمؤثرات الأخرى في بيئاتها ومن تنسيق حركتها. وقد ظهر أول حيوان على الأرض أثناء الانفجار الكمبري للحياة أثناء الحقبة الأولية.

علم التشكُّل

دراسة شكل الكائن الحي أو تكوينه - كل من السمات الداخلية والخارجية- هو نظام حيوي يُعرف باسم علم التشكُّل، وهو علم يستخدم في تصنيف الكائنات الحية طبقا للتقسيم الحيوي، وينقسم علم التشكُّل إلى فرعين رئيسيين هما: التشكُّل الخارجي (eidonomy) الذي يهتم بالمظهر الخارجي للكائن الحي، والتشريح (anatomy) الذي يبحث في بنية الأعضاء الداخلية للمخلوقات.

تتحدد كمية الاختلافات في أشكال الأنواع المختلفة من خلال مجال يطلق عليه "القياسات التشكُّلية" (morphometrics)الذي يتضمن القيام بقياسات مفصلة، وهو نهج أكثر علمية نحو علم التشكُّل من مقارنة الرسومات والأوصاف اللفظية مما يسمح بمقارنات أدق وأسرع للأنواع التشكُّلية المختلفة من خلال تطبيق تحليل رياضي دقيق وتقنيات حاسوبية. وعادة يتم إلحاق تحليل الدنا بعلم التشكُّل عند محاولة تحديد نوع مجهول.

الفقاريات

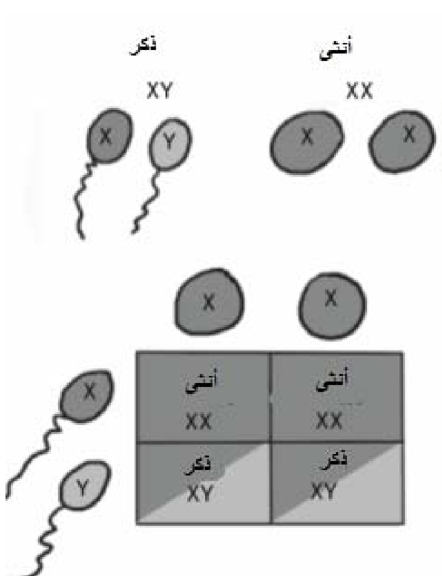
ببساطة، الفقاريات هي الحيوانات التي لها عمود فقري. وفي مخطط التقسيم الحيوي

تندرج تحت شعيبة -تسمى"الفقاريات"- تقع تحت شُعبة "الحبليات"مباشرة. بـدأت الحيوانـات ذات العمود الفقري مع الكائنات الأولى التي كان لها حبلًا ظهريًا، وهـو عظـم يـشبه القـضيب يمتـد بطـول الكائن، والذي تطور بدوره من خلال انقسام الحبل الظهري إلى عدد من عظام متصلة أصـغر- لتكـوين "عمود شوكي" مرن، وهذه الرابطة العظمية تحمل الحبل الشوكي أيضا- كتلة من النسيج العصبي الـذي يقوم بدور الطريق السريع المركزي للمعلومات لنقل النبضات العصبية بين المخ وبقية أجزاء الجسم

تنتمي معظم طوائف أشكال الحياة الحيوانية حـول العـالم اليـوم إلى الفقاريـات: الثـدييات، والطيـور، والزواحف، والبرمائيات، والأسماك. وقد ظهرت الفقاريات سريعـا بعـد أول حيوانـات الأرض في الحقبـة الأولية للأرض، وهناك حاليا ما يسمى أيضا باللافقاريات- الحيوانات التي ليس لها عمود فقري؛ وأشـهر مجموعات اللافقاريات هي شُـعبة مفـصليات الأرجـل التـي تـضم بـين ثناياهـا الحـشرات، والعناكـب، والقشريات. وهناك لافقاريات أخرى مثل الديدان، والمرجان، وشقائق النعمان وقنديل البحر.

علم الأحياء التناسلي

تتكاثر الحيوانات جنسيا أي عن طريق اتحاد خلية جاميت من الذكر مع خلية جاميـت مـن الأنثـي في الأم لتكـوين "الزيجـوت" -الخليـة الأولى للذريـة. ثـم تنمـو خليـة الزيجـوت مـن خـلال انقـسام الخليـة والتمايز الخلوي حتى يتكون في نهاية المطاف الحيوان الطفل، ويتحـدد جـنس الطفـل مـن خـلال مجموعـة "الكروموسومات الجنسية" في خليتي الأمشاج؛ هنـاك 22 كروموسـوم في الأمـشاج البـشرية تحمـل جينـات الوالدين بالإضافة إلى كروموسوم الجنس الذي يأخذ أما الرمز Xأو Y، ولا يمكن لخلايـا البويـضات أن تحمـل إلا



النوع X، أما الحيوان المنوي فيحمل أما X أو Y، وعند اندماج البويضة والحيوان المنوي لتكوين الاتحاد (XX) يتكون طفل أنثى، أما إذا تكون (XY) يكون الناتج ذكرا.

وفي المخلوقات الأخرى مثل الطيور ينعكس الموقف حيث تكون اختلافات كروموسومات الجنس لـدى الأم هي ما يحدد جنس الذرية.

هناك أنواع أخرى لها أنظمة تحديد جنس مختلفة وأكثر تعقيدا- حيوانات خلد الماء عـلى سـبيل المثـال لها ما لا يقل عن 10 كروموسومات للجنس.

الأحياء التطورية

بمجرد تكون الخلية الأولى للكائن الحي من خلية الزيجوت يخضع نموها إلى مجـال يُعـرف باسـم علـم الأحياء التطورية. أولا يخضع الزيجوت إلى الانقسام الخلوى وينمو متحولًا إلى فقاعة من الخلايا تُعـرف باسم "الكيسة"- عند البشر، قد يصل عدد خلايا الكيسة إلى 100 خلية.

وتتشكُّل الكيسة بعد بضعة أيام من الحمـل ثـم تـستمر في النمـو حتـى تـصبح علقـة، وعندئـذ تقـوم العمليات الكيميائية بتنظيم التعبير عن الجينات في البروتينات في جسم الجنين النامي من أجل تكـوين البنى الأساسية الأولى. وينمو الجنين داخـل الحيـوان الأم عـن طريـق اكتـساب خلايـا وتحويلهـا خـلال التمايز الخلوي إلى دم، وعظام، وأعصاب، وأعضاء داخلية. وفي الثدييات تسمى المرحلة التي تلي تكـون العلقة(emryo) باسم الجنين (fetus)الذي يكتمل نموه (خلال 9 شهور في حالة البشر) ثم يأتي إلى الحياة.

وهناك طوائف أخرى مثل الطيور والزواحف تأتي بصغارها إلى الحياة على هيئة بيض يفقس فيما بعـد. وتخضع بعض الذريات إلى مرحلة تحول إضافية بعد الميلاد، والتي يتغير مظهرهـا خلالهـا جـذريًا- مـن أمثلة ذلك، تشرنق اليرقات متحولة إلى فراشات.

علم السلوك (طبائع الحيوان)

يهتم علم طبائع الحيوان بسلوكه- خاصة تـصرفاته الغريزيـة مثـل الحـصول عـلى الغـذاء، وحماية الصغار؛ فإوزة الربداء الأم على سـبيل المثـال سـتحاول تلقائيـا أن تقـوم باسـتعادة

بيضة ما تراهها إلى البيض الذي تحت قبضتها - حتى إذا لم تكون هذه البيضة تخصها، كما أن بعض الحيوانات تقوم بمهمة إلهاء الحيوان المفترس لإبعاده عن صغارها.

هناك تصرفات غريزية أخرى يمكن تعلمها، حيث درب عالم النفس الروسي (إيفان بافولف) كلابًا على أن يسيل لعابها عند سماع صوت الجرس، وذلك من خلال دق الجرس يوميا قبل وقت الإطعام مباشرة.

يستمد علم طبائع الحيوان أفكاره من نواح التطور البيولوچي العصبي، والعلوم البيئية لتفسير سلوك الحيوان في عالمه الطبيعي، وهو يرتُبط ارتُباطًا وثيقًا بعلم الأحياء الاجتماعية التي تحاول إرجاع ليس فقط غرائز النجاة بل أيضًا السلوك الاجتماعي للحيوان إلى عمليات حيوية.

فروع علم الحيوان

العدد الضخم لأنواع الحيوانات في العالم يعني أن علم الحيوان علم واسع، وقد قام علماء الحيوان بتقسيم دراساتهم إلى عدد من الأنظمة الفرعية، حتى يصبح التعامل مع هذا المجال من العلم أسهل، وهذه الفروع هي: علم سلوك الحيوان، وعلم بيئة الحيوان، وعلم التطور، إلا أن معظم علماء الحيوان الذين يختارون أن يتخصصوا في تخصص معين يقومون بذلك طبقا لاعتبارات التقسيم الحيوي؛ بمعنى آخر، يقومون بالتركيز على مجموعات معينة من أنواع الحيوان، على سبيل المثال نجد علماء الثدييات يدرسون الثدييات، بينما علماء الطيور يدرسون الطيور، في حين نجد علماء البرمائيات يدرسون البرمائيات، نجد علماء الحشرات يدرسون الحشرات، وعلماء العناكب العنكبيات وعلماء الأسماك الأسماك، وعلماء الديدان يدرسون الديدان. والمجموعة الأخيرة التي يهتم علماء الحيوان بدراستها هي الحيوانات التي لم تعد على قيد الحياة أصلا، حيث يدرس علماء الحيوانات المندثرة بقايا الحيوان المستخرجة من الحفريات.

علم دراسة الحيوانات الخفية

تسمى دراسة الحيوانات غير المعروفة بالنسبة للعلم باسم علم دراسة الحيوانات الخفية،

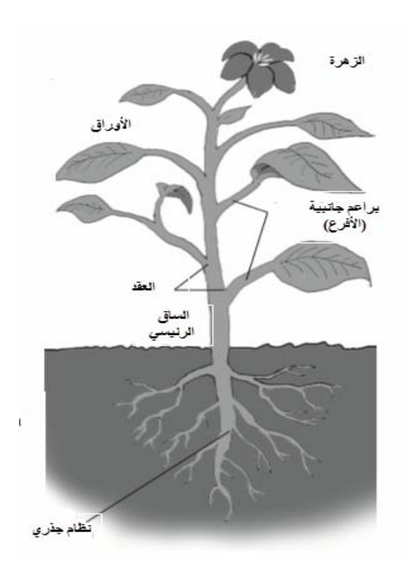
وهو شيء يبدو متناقضا بعض الشيء وفي الحقيقة يعتقد عدد كبير من العلماء الجادين أن علم دراسة الحيوانات المنقرضة ليس إلا ضربًا من ضروب العلم الزائف.

ويبني علماء دراسة الحيوانات المنقرضة دراساتهم على تقارير شهود العيان، وتقصي مزاعم الناس الذين يعتقدون أنهم قد رأوا حيوانات خرافية (cryptids)-وحوش بدءًا من وحش لوخ نيس، وذي القدم الكبيرة (بيجفوت) الذي يطلق عليه (بيتي) وصولًا إلى الأورانج بيندك (the Orang Pendek)، وهو أحد الرئيسيات الضئيلة الذي يعتقد البعض إنه يسكن غابات سومطرة، لكن المنتقدين مع ذلك جادلوا حول أن الطرق التي يستخدمها علماء الحيوانات المنقرضة ليست علمية، ومع ذلك لاقى هذا المجال بعض الدعم عام 2003 عندما اكتشف علماء العناكب العاملين على جزيرة فلوريس بإندونيسيا بقايا هيكلية لسلالة جديدة من القردة العليا طولها حوالي متر وترجع إلى 12000 سنة مضت، مما أثبت لصالح علماء الحيوانات المنقرضة أن هناك أنواعا غير مألوفة أفلتت من أعين العلوم.

ولعلم النبات أيضا مجال لدراسة أنواعه الخرافية- من خلال علم دراسة النباتات الخفية.

علم النبات

النبات



علم النبات هوعلم دراسة النباتات والفطريات. وتنتمي النباتات إلى مملكة النبات، وهي أشكال حياة حقيقية النواة متعددة الخلايا تقوم بإنتاج غذائها من ضوء الشمس خلال عملية البناء الضوئي- وهو ما يمنحها اللون الأخضر.

وتضم النباتات الكائنات الحية مثل: النباتات المزهرة، والأشجار، والشجيرات، والعشب، والحزازيات، ولما كانت النباتات ليست في حاجة إلي

تتبع فريسة أو السعي النشط وراء مصادر غذائية أخرى، فهي ليست قادرة عـلى الحركـة، ولـيس لهـا جهاز عصبي، كما أنها بطيئة التفاعل مع المحفزات المباشرة الموجودة في بيئتها، ولخلايا النباتـات غـلاف خارجي صلد من السليلوز- يُعرف للكائنات آكلة النبات باسم الألياف الغذائية. وتتكون النباتات غالبـا من جذع خارجي ينمو خارج الأرض، حيث يكون مربوطا بنظام من الجذور التي تنمو خلال التربة من أجل امتصاص الماء والمغذيات الكيميائية للنبات. وهناك براعم جانبية تُعرف أيضا باسـم الفـروع تنمـو نحو الخارج من نقاط على الساق تسمى العقـد وهـذه الـبراعم الجانبيـة مزينـة بـالأوراق التـي تقـوم بتجميع ضـوء الـشمس للقيـام بالبنـاء الـضوئي. وتنـتج النباتـات التـي تنتمـي لقـسم كاسـيات البـذور (Angiospermae)، والتي يوجد منها عدد أنواع أكثر من غيرها زهورًا، وأقدم بقايا النباتات هي الطحالب الخضراء الحفرية التي يرجع تاريخها إلى الفترة الكمبرية في الحقبة الأولية.

الفطريات

الفطريات هي أعضاء مملكة الكائنات الحية حقيقية النواة التي تضم العفن، والخميرة وعيش الغـراب ويمكن أن تكون أما وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا. وعلى عكس النباتات، تفتقر الفطريات إلى مـادة الكلوروفيل في أنسجتها وبالتالي فهي لا تقوم بعملية البناء الضوئي - وبدلا من ذلك تحـصل عـلى الطاقة والمواد المغذية كطفيليات عن طريق النمو على كائنات أخرى، ولهذا السبب ينمو العفـن على الأطعمة الفاسدة. ومن المعتقد أن مملكة الفطريات موطن لحوالي 1.5 مليون نوع، وتُعـرف الدراسة العلمية لهذه الكائنات باسم (الفطـار). وتـتم عمليـة التناسـل الحيـوي للفطريـات مـن خلال إنتاج الأبواغ التي تنمو متحولة إلى فطريات، ويمكن إنتاجها أما جنسيا أو لا جنسيا اعتماداً على نوع الفطر. ويمكن لواحد فقط من فطر عـيش الغـراب أن يطلـق مليـارات الأبـواغ في المـرة الواحدة. وقد ثبتت الفائدة العظمي للفطريات بالنسبة للإنسان ؛ حيث يمكننا تناولهـا كـما هـي أو استخدام خصائصها الميكروبية لصنع الخبز- بالإضافة إلى البيرة والخمر لبلع الطعـام.،كـما تـتم صـناعة الجـبن الأزرق مـن خـلال غـرس سـلالات مـن العفـن في الجـبن، وربمـا يكـون أكـثر

أدوار الفطريات أهمية هو دورها في عقاقير المضادات الحيوية - التي بدأت مع اكتشاف عفن البنسلين.

البناء الضوئي

تقوم النباتات بإنتاج الطاقة من ضوء الشمس، والماء وثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي من خلال عملية البناء الضوئي، وهي عملية تحدث في النباتات الخضراء، والطحالب، وبعض أنواع البكتيريا ويمكن القول بأن عملية البناء الضوء هي أهم التفاعلات الكيميائية على كوكب الأرض وناتجها الجانبي هو الأكسجين- الحياة النباتية على كوكب الأرض هي ما يمكن الحيوانات والكائنات الهوائية الأخرى حرفيا من التنفس.

وتشكُّل النباتات التي تقوم بعملية البناء الضوئي أساس السلسلة الغذائية كما أنها تعمل كوقود للتدفئة والطهو خلال إحتراق الخشب.

ويتفاعل البناء الضوئي داخل أجزاء من الخلايا النباتية تُعرف باسم البلاستيدات الخضراء، حيث تقوم أصباغ النبات الممتصة للضوء - مادة الكلوروفيل الخضراء- باستخدام الطاقة القادمة من الشمس بتفعيل اتحاد الماء المسحوب من جذور النباتات مع ثاني أكسيد الكربون الممتص خلال المسام الموجودة في أوراق النبات التي تسمى (الثغر). والمعادلة الكيميائية التي تصف هذه العملية هي: $CO_2 + H_2O + sunlight \rightarrow CH_2O + O_2$ حيث (CH_2O) هو أحد المركبات الكربوهيدروچينية التي تنتج طاقة.

النتح

المسام الموجودة في أوراق النبات والمعروف باسم (الثغور) والتي من خلالها يمتص النبات ثاني أكسيد الكربون اللازم لعملية البناء الضوئي، تقوم أيضا بدور المسام الموجودة في جلد الحيوان، وتسمح بخروج بخار الماء في عملية يطلق عليها (النتح)، وهي عملية تساعد على إبقاء النبات رطبا وتشجع أيضا نظام الجذور على امتصاص مياه جديدة من التربة مصحوبة بالمعادن، والمواد المغذية للنبات، وتقوم الجذور بامتصاص السائل من

التربة خلال ما يسمى التناضح العكسي ويتوزع السائل حول النبات في النسيج الخشبي (الـزايلم xylem)-نسيج مسامي يمكن للعصارة السائلة أن تسري من خلاله،و يمكن للنسيج الخشبي أن يكون صـلبا إلى حد ما، وهذا ما يؤدي إلى تكون الأخشاب في النباتات الأكبر، والنوع الأخـر هـو النـسيج الوعـائي الـذي يُعرف باسم اللحاء وهو مسئول عن نقل الكربوهيدرات التي تم تصنيعها خلال عمليـة البنـاء الـضوئي من الأوراق إلى باقي أجزاء النبات

مغذيات النبات

تحتاج النباتات إلى مجموعة من المغذيات تختلف عن الحيوانات، وكـما تنقـسم مغـذيات الحيوانـات، تنقسم مغذيات النبات إلى (مغذيات كبرى)- تلك التـي يحتاجهـا النبـات بكميـات كبـيرة- و(مغـذيات صغرى)، وهي الڤيتامينات التي يحتاجها النبات بفاعلية وتشمل المغذيات الكبرى للنبات (النيتروچـين، والفوسفور والبوتاسيوم والكربون والهيدروچين، والأكـسچين)، فـالكربون أسـاسي لبنـاء هيكـل النبـات، ويتم استخلاصه من ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي من خلال عملية البناء الضوئي، بينما يستخدم كل من الأكـسچين والهيـدروچين في تكـوين الكربوهيـدرات أثنـاء عمليـة البنـاء الـضوئي؛ أمـا الفوسفور فيشارك في نقل الطاقة، بينما يساعد البوتاسـيوم عـلى تنظـيم فـتح وغلـق الثغـور التـي مـن خلالها يدخل ثاني أكـسيد الكربـون مـن أجـل عمليـة البنـاء الـضوئي ويخـرج بخـار المـاء خـلال النـتح. ويستخدم النيتروچين في بناء البروتين- على الرغم من أن نسبة النيتروچين في الهواء الجوي 78 % إلا إنه لابد للنبات من استخلاصه من التربة عن طريق جذوره.

تضم المغذيات الصغرى للنبات المعادن مثل الخارصـين- يلـزم للتعبـير الچينـي- والكلورالـذي يـستخدم لحث التناضح في جذور النبات

النباتات آكلة اللحوم

بعـض النباتــات لا تقنــع بامتــصاص ثــاني أكــسيد الكربــون عــن طريــق أوراقهــا والنيتروچــين

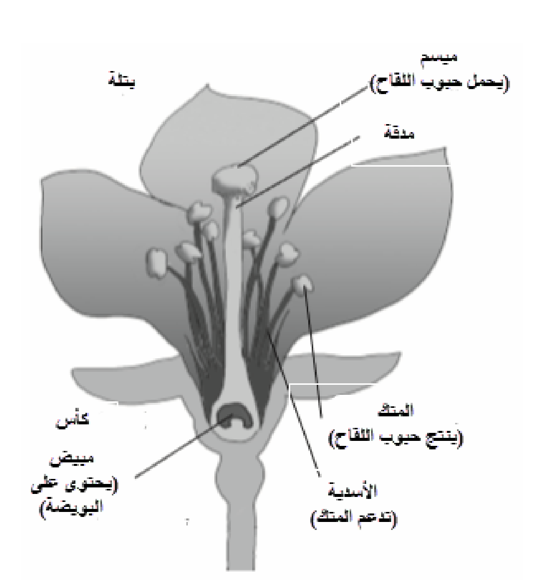
عن طريق جذورها بل تشتهي اللحوم، وتُعرف هذه النباتات باسم النباتات آكلة اللحوم.

ربما يكون أكثرها شهرة هو خناق الذباب(Venus flytrap) الذي ينصب مصيدة تشبه الفك يمكنها الإنغلاق على الحشرات البائسة مما يسمح للنبات بالتغذي على المادة العضوية في أجساد تلك الحشرات، إلا أن هناك العديد من الأنواع الأخرى، فنبات الندية (sundews) يستخدم فخاخ لزجة للإمساك بالحشرات المطمئنة، وهناك نباتات أخرى مثل نبات الإبريق (the pitcher plant) الذي له أقماع طويلة تسقط فيها الحشرات وتعجز عن الهرب.

ومن المعتقد أن النباتات آكلة اللحوم قد تطورت تطورا مستقلا ست مرات إلا أن لابد من توافر ظروف خاصة لأنواع تكيف كتلك لتصبح مفيدة للنبات، فالإيقاع بالحشرات ثم هضمها يستهلك طاقة وموارد يمكن للنبات أن يستخدمها للحصول على المغذيات بالطريقة العادية. وما لم تضمن النباتات آكلة اللحوم تدفق مستقر من الفرائس فإنها يمكن أن تصبح مدينة.

البذور

تتكاثر النباتات عن طريق انتشار البذور، وهي أجنة ضئيلة للنباتات من خلالها يمكن للنباتات الجديدة أن تنمو، وتقوم النباتات المزهرة والتي تعرف أيضا باسم (كاسيات البذور) بإنتاج البذور، أما المجموعات غير المزهرة التي تقوم بنشر البذور من مخاريط أو مباشرة من الجذع المركزي تُعرف باسم (عاريات البذور)، وهذه النباتات تتكاثر جنسيا عن طريق نثر حبوب اللقاح من المتك الذكري، والتي يتلقاها بعد ذلك ميسم، -وهو عضو التكاثر الأنثوي- نبات آخر من نفس النوع لتخصيب البويضة التي تنمو فيما بعد تحولة إلى بذور.



وهناك نباتات آخرى تتكاثر عن طريق الأبواغ التي يتم نشرها من النبات مثـل البـذور. ومـن النباتـات التي تقوم بذلك: الحزازيات، والنباتات الكبدية بالإضافة إلى السراخس، والطحالب. وتتكـاثر الفطريـات أيضًا بهذه الطريقة، والبوغ ليس إلا خلية وحيدة تحمـل الخطـة الوراثيـة للكـائن الحـي. ومـن ناحيـة أخرى، لا تحتوي البذور على خلية جرثومية واحدة، بل كتلة من الخلايا الجرثومية بالإضـافة إلى إمـداد من المواد المغذية للنبات وغالبا قشرة واقية صلبة مما يجعل فرصته في النجاة تصل إلى قيمهـا العظمـى، وهذا هو السبب في أن تطور البذور هو بمثابة ثورة في بيولوچيـا النبـات. وقـد ظهـرت النباتـات (ذات البذور) لأول مرة في الفترة الديفونية أثناء الحقبة الأولية في عصور ما قبل التاريخ لكوكب الأرض.

أصباغ النبات

تأتي النباتات بطيف ألوانها من خلال مجموعة من الأصباغ الكيميائية، وأهمهـا "الكلوروفيـل" الـصبغة الخضراء التي تضفي اللون الأخضر على السيقان والأوراق، والمـسئولة عـن عمليـة البنـاء الـضوئي التـي تقوم النباتات من خلالها بإنتاج الطاقة اللازمـة لهـا، لكـن هنـاك أصـباغ أخـرى أيـضًا، فـالجزر وبعـض الخضروات ذات الجذور تتميز باللون البرتقالي بسبب صبغ الكاروتين وهناك مركبـات كيميائيـة أخـرى قريبة - تُعرف باسم " الكاروتنويدات "- ومنها اللوتين وهو اللون الأصفر الموجود في الكرنب، والفلفـل، وكذلك صبغ الليكـوبين وهـو مـا يعطـي الطماطـم اللـون الأحمـر، وفي الوقـت نفسه هنـاك صـبغات (أنثوسيان) متنوعة مسئولة عن تلوين بتلات النباتات المزهرة. ويعطي صبغ البيتـالين الـشمندر اللـون الأحمر، ويمكن استخلاص أصباغ النبات واستخدامها في صناعة الصبغات.

كيمياء النبات

تعمل النباتات بمثابة وعاء الطهو للنـشاط الكيميـائي، ويُعـرف مجـال دراسـة هـذه المـواد الكيميائيـة، والتفـاعلات بينهـا باسـم كيميـاء النبـات. وهنـاك بعـض المـواد الكيميائيـة في النباتات تضمن لها الحماية من الحشرات والأمراض وتساعد في عملية التلقيح ، على سبيل

المثال تتغذى الحشرات الطائرة التي تسمى (التربس) على اللقاح الذي تنتجه الأعضاء الذكورية- المخاريط- لنبات السيكاد، وكرد فعل على ذلك تطلق المخاريط رائحة سامة من شأنها إبعاد الحشرات المغطاه باللقاح، وفي الوقت نفسه تقوم الأجزاء الأنثوية بإطلاق رائحة جاذبة لجذب الحشرات الهاربة - حتى يتم تلقيح النبات.

وللنباتات يضًا مجموعة من الهرمونات الكيميائية تحت تصرفها لتقوم بحمل الرسائل من أحد أجزاء الكائن الحي إلى أحد الأجزاء الأخرى، وتسري هذه الهرمونات خلال القنوات الوعائية للنبات لنقل الإشارات التي تحث الإزهار، ونفض الأوراق، وإنضاج الثمار. بعض المواد الكيميائية المتكونة داخل النبات سامة، وبعضها يمكن أن يكون له آثار علاجية ويستخدم في مجال علم صيدلة النبات.

علم صيدلة النبات

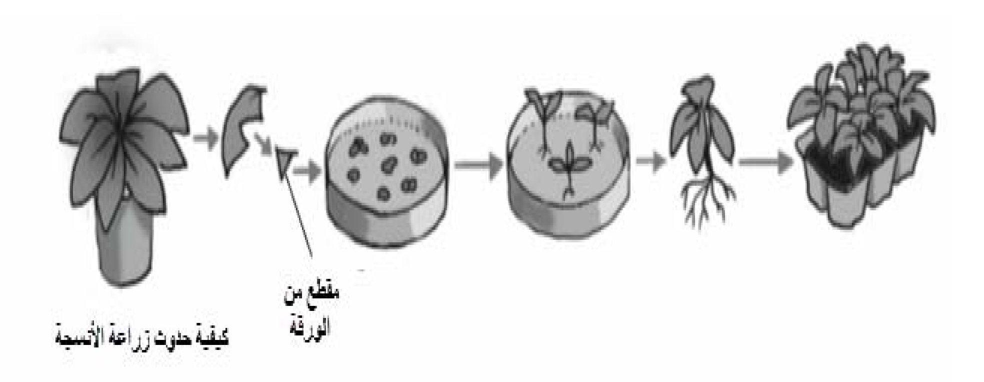
علم صيدلة النبات هو استخدام المواد الكيميائية للنبات في الأدوية. لقد استخدمت النباتات كمصدر لطب الأعشاب منذ آلاف السنين، إلا أن هذا المجال ينظر إليه على إنه علم زائف. وهدف علم صيدلة النبات هو الحصول على أدوية قائمة على النبات من خلال إجراءات الاختيار الصارمة نفسها، والتجارب السريرية تمامًا مثل العقاقير الأخرى لتحقيق الفهم الكامل لمزاياها وآثارها الجانبية قبل اعتماد استخدامها على المرضى.

ومن الأمثلة البارزة للعقاقير السريرية الفعالة التي استخلصت من النبات هي (الديجوكسين) الذي يستخدم في علاج أمراض القلب (مصنوع من نبات (قفاز الثعلب))، وكذلك الكينين وهو عقار مضاد للإلتهابات يستخدم لعلاج الملاريا، وغيرها من الأمراض (مستخلص من لحاء شجرة الكينا)، والأسبرين المضاد للتجلط والذي يستخدم أيضًا كمسكن، ومضاد للالتهابات، والذي استمد أساسًا من (شجرة الصفصاف).

البستنة

أدت التطبيقات العديدة للنباتات وموادها الكيميائية من خلال كيمياء النبات، ومن أجل الغذاء إلى المجال العلمي للبستنة- دراسة كيفية زراعة نباتات للاستخدام البشري-

والذي يشمل دراسة جودة التربة، والأسمدة التي تقوم بإمداد النبات بمزيد مـن المغـذيات، والمبيـدات الكيميائية للآفات والتي تسيطر على أنواع الحشرات الضارة، وعـلاج أمـراض النبـات، والتناسـل المختـار للنبات بهدف تحسين نوعية العينات- طبيعيًا أو من خلال تعديل وراثي متعمد.



تهتم البستنة عادة بتطوير وسائل لزراعة النبـات وتطبيقهـا عـلى نطاقـات صـغيرة بيـنما يتعامـل علـم الزراعة مع تطبيق هذه الوسائل على نطاق أوسع.، ويقوم بعض علماء البستنة الهـواة بزراعـة حـدائق منازلهم من أجل الحصول على الغذاء، حيث يزرعون الفواكه والخضروات وقد لاقى هذا الأمر إعجـاب علـماء البيئـة باعتبـاره طريقـة لتقليـل مـسافات نقـل الطعـام عنـد الإنتـاج. ومـن أسـاليب البـستنة الحديثة:الزراعة دون تربة وزراعة الأنسجة -زراعة مستنسخات من أنواع نبات قوية من خلايا الفضة.

سلوك النبات

من السهل التفكير في النباتات على أنها أشكال حياة ساكنة خاملة لا تبرح مكانها وتقوم بامتصاص ضوء الشمس والماء، إلا أن النباتات لها قدرة على القيام ببعض السلوك المعقـد، عـلى سـبيل المثـال، يكـشف التصوير الفوتوغرافي ذو الفاصل الزمني لنمو النباتات عن تحركها باتجاه مصادر الضوء بمرور الزمن من أجل الوصول بكمية الطاقة التي تنتجها خلال البناء الضوئي إلى قـيم عظمـى، ويـشار إلى هـذه الحركـة باسم "الانتحاء".

ويخـضع نظـام الجـذور أيـضًا لنـوع مـن الانتحـاء حيـث تفـضل الجـذور أن تنمـو باتجـاه مـصادر

المغذيات. وهناك نوع آخر من سلوك النبات يُعرف باسم "الحركة التلقائية" وفيه تكون الحركة سريعة وعلى عكس الانتحاء- ليس لها علاقة بالاتجاه التي تأتي منه المحفزات المسببة للحركة، ومن الأمثلة الجيدة للحركة التلقائية الغلق السريع لنبات (خناق الذباب). وتحقق النباتات هذه التحركات من خلال امتصاص السوائل داخل الأوراق- امتصاص السوائل من أحد جانبي الجذع ونقله إلى الجانب الآخر يتسبب في انحناء الجذع، ويحقق نبات خناق الذباب حركته السريعة باستخدام التغيرات في الحامضية لإحداث تقليل سريع في حجم الخلايا التي تبقي على الفخ مفتوحًا مما يتسبب في إغلاقه بسرعة، ويرتبط سلوك النبات بشكل كبير بمجال ذكاء النبات.

ذكاء النبات

لقد قاد سلوك النبات- قدرة النبات على التكيف والاستجابة للمحفزات الموجودة في بيئته المباشرة - بعض علماء النبات إلى اقتراح أن النبات يتمتع بشكل بدائي من أشكال الذكاء، وقد قادتهم أدلة عديدة إلى هذا الاستنتاج، على سبيل المثال، لدى شجرة السنط القدرة على الإحساس بآكل عشب يقوم بمضغ أوراقها فتقوم بإطلاق سماق مر الطعم كاستجابة لذلك، وهناك أشجار سنط أخرى لها القدرة على شم رائحة سماق الأشجار القريبة، فتبدأ بإطلاق سماقها قبل وصول القطيع الجائع. حتى النباتات خناقة الذباب أذكى مما تتصور، حيث يستثار فخها من خلال شعيرات دقيقة على سطحها لكن كل شعرة يجب أن يتم لمسها مرتين في فترة قصيرة من الوقت حتى يفتح الفخ- لمنع استثارته بالصدفة بسبب قطرات الأمطار مثلا، بمعنى آخر، لابد للنبات أن يتذكر الشعيرات التي تم لمسها مؤخرا - أي أن له ذاكرة بدائية. وليس للنباتات مخ أو نظام عصبي لكن بدلا من ذلك يعتقد الباحثون أن القدرات المعرفية الأساسية تنشأ من التفاعلات الكيميائية في نظامها الهرموني.



علم البيئة

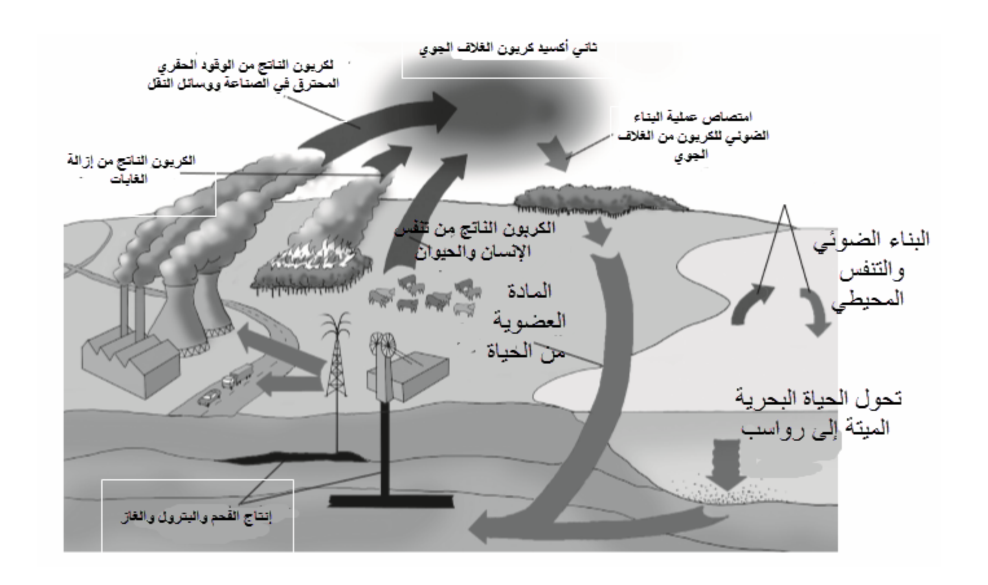
البيئة

علم البيئة هو دراسة التفاعلات بين الكائنات الحية وبيئاتها الطبيعية. وتُعرف بيئة الكـائن الحـي عـلى أنها الكيمياء، والفيزياء والأحياء التي تشكُّل المحيط الذي يعيش فيه، فبالنسبة لسمكة في محيط البيئة تكون البيئة هي الماء الذي يحيط بها، وقاع البحر، وأشكال الحياة الأخرى التي تشاركها نفس المـساحة. وفي السنوات الأخيرة ركز علم البيئة على تفاعلات الإنسان مع عالمه، وبيئة كوكبـه- البـشر الـذين يـؤثر فيهم ويتأثر بهم أكثر من أي جزء من الأرض، وعلى الطرف الآخر مـن المقيـاس، تتكـون بيئـة الكائنـات الحية الدقيقة فقط من الأجزاء الداخلية للكائنات التي تسكنها البيئة وعلمها هما أيضا اعتبار مهـم في التطور، فالانتخاب الطبيعي عند دارون يتسبب في تكيف الكائن مع بيئته عـلى مـر الأجيـال المتتابعـة، وبتغير البيئة يتغير الكائن تماما أيضًا.

دورة الكربون

تطلق الحيوانات الكربون في صورة غاز ثاني أكسيد الكربون خلال عملية التنفس، وتقوم كل من حرائق الغابات الطبيعية والتصحر بأخذ ثاني أكسيد الكربون من الأشجار ونقله إلى الغلاف الجوي، ومن ناحية أخرى تمتص النباتات الكربون لإنتاج الكربوهيدرات خلال عمليـة البنـاء الـضوئي بيـنما تقـوم عمليـات أخرى مثل موت الكائنـات عـلى اليابـسة وفي البحـر عـلى إعـادة الكربـون إلى التربـة، وهـذه العوامـل المتنافسة تعمل معـا لتكـوين دورة الكربـون- دورة ثابتـة للكربـون مـن الأرض خـلال النباتـات الحيـة والحيوانات إلى الغلاف الجوي ثم العودة إلى التربة مجددا.

في الوضع الطبيعي يفترض أن تكون كمية الكربون خلال الدورة ثابتة لكن البشر يـستخرجون الكربـون في صورة وقود حفري مثل الفحم والزيوت من التربة وهذا يضيف كربون بشكل ثابت إلى الدورة مـما يتسبب في التغير المناخي وتأثير الصوبات الزراعية (الاحتباس الحراري).



الكتلة الحيوية

الكتلة الكلية للكائنات الحية الموجودة في مكان بيئي خلال زمن معين بالكتلة الحيوية، يعتقد أن الكتلة الحيوية الكلية على كوكب الأرض حوالي 2000 مليار طن، منها حوالي 2 مليار طن محاصيل نباتية، و700 مليون طن حيوانات أليفة، وحوالي 400 مليون طن من البشر، وتحتجز معظم الكتلة الحيوية للأرض في-حوالي 1600 مليون طن- في غابات الكوكب. وتؤدي أنواع التضاريس المختلفة إلى توليد كتل حيوية بمعدلات مختلفة، والأراضي الرطبة هي المنتج الأسرع حيث تنتج حوالي 2.5 كجم لكل متر مربع سنويا، وتقترب منها الغابات المطيرة، والمصبات عند السواحل. والمحرك الأساسي لنمو الكتلة الحيوية هو عملية البناء الضوئي - تنمي كتلة النباتات وبالتالي توفر الغذاء للكائنات الحية الأخرى، وتستخدم الكتلة الحيوية غالبا كمقياس لمخزون الطعام المتوفر لكائنات حية معينة عند كل مرحلة من السلسلة الغذائية.التنوع الحيوي

التنوع الحيوي هو مدى الأنواع المختلفة الموجودة في مكان بيئي معين وثراؤها، وهو ناتج التطور الذي يملأ الكوكب بأنواع مختلفة- ما يصل إلى 100 مليون نوع وفقا لتقييم المؤسسة العلمية الطبيعية. والتنوع الحيوي مهم لأنه ينظم التفاعلات الكيميائية والحيوية

في العالم الطبيعي، ويبقى البيئة في حالة من التوازن- إذا انقرض نوع مـا ولـيكن بـسبب مـرض سـيقوم التنوع الحيوي المرتفع غالبا بتعويض هذا النقص عن طريق توفير أنواع مشابهة تحل محل المنقرضة.

ربما يكون أقل تنوع حيوي على الأرض من نصيب الأرض الزراعية - خاصة الزراعة وحيدة النوع-عندما يزرع نبات وحيد على مساحة واسعة من الأرض، ومن ناحية أخـرى تـشكُّل الغابـات والأدغـال التنـوع الحيوي الأكبر، وهناك قلق حول تأثير إزالة غابات تلـك المنـاطق لـصالح الأراضي الزراعيـة عـلى التنـوع الحيوي لهذه المناطق نفسها وعلى الكوكب ككل.

يرتُبط التنوع الحيوي ارتُباطًا وثيقا بفكرة التنوع الجيني.

الجغرافيا الحيوية

يُعرف مجال الجغرافيا الحيوية بأنه تفاعل التنوع الحيوي مع التضاريس دائمة التغير لـلأرض - ويُعـرف أيضا باسم المناطق الأحيائية (biomes)، وهي تتعامل مع رسم توزيع الأنواع عـبر سـطح الأرض وكيفيـة تطور هذا التوزيع بمرور الوقت نتيجة لعوامل مثل العصور الجليدية والجرف القاري تشكُّل الجغرافيـا الحيوية فائدة مهمة خاصة عند تطبيقها على مجتمعـات الجـزر، حيـث تتـسبب العزلـة الجغرافيـة في إنتاج أنواع تختلف بشكل كبير عن تلك الموجودة في المواقع الرئيسة. ويمكن تطبيق هذه الظاهرة عـلى الجزر وعلى المخلوقات الموجودة في المناطق الجغرافية المنعزلة بسبب شـكل الأرض مثـل الـصحاري أو الجبال، وقد بدأت دراسة الجغرافيا الحيوية في السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر مع أعـمال عـالم النبات والجغرافي البريطاني ألفريد راسل والاس.

العلاقات الحيوية المتداخلة

البيئات التي تسكنها أنواع الكائنات الحية هي بيئـات متوازنـة توازنـا طفيفًـا، مـن خـلال دورات حياة جميع الأنواع في النظام البيئي المتداخل، والتـي تتفاعـل مـع بعـضها الـبعض خلال عمليات مثل التنافس والافتراس، وهناك عـدد مـن التفـاعلات المختلفـة التـي يمكـن

أن تحدث بين الكائنات الحية. يطلق على السلوك الذي يقوم به أحد الأنواع دون أن يجلب لـه منفعـة خاصة إلا تثبيط نوع آخر اسم الممانعة(Amensalism)، على سبيل المثال تقوم جذور بعض أشجار الجوز بإطلاق مواد كيميائية سامة لجذور أشجار أخـرى، أمـا المعايـشة (Commensalism) فهـي عكـس ذلـك، حيث يستفيد كائن حي من كائن حي آخر دون أن يضره، مثلا يقوم البرنقيل بـإلحق نفـسه بالكائنـات الكبيرة مما يوفر له مكانا للعيش دون أن يتكلف المضيف شيئا. والتنافس(Competition) هو تفاعل بين نوعين يعملان على حساب بعضهما البعض، بينما ال التكافل (mutualism) هو علاقة منفعة تبادلية بين نوعين مثل التكافل (symbiosis)، أما الحياد (Neutralism) فيترك كلا النوعين دون تـأثير، وأخـيرا يتـضمن كل من الافتراس(predation)، والتطفل(parasitism) نوعا يحقق إستفادة على حساب نوع آخر

التعايش

عندما يعمل نوعان على تحقيق فائدة لكليهما، تُعرف هذه العلاقة باسم التعايش، وهو نـوع متطـرف من التكافل الذي يتفاعل فيه نوعان تفاعلا وثيقا، ومن أمثلة ذلك الدودة الملتفة التـي تعـيش في ميـاه المحيطات الضحلة وتوفر موطنا للطحالب التي تقوم بعملية البنـاء الـضوئي،. حيـث تعـيش الطحالـب تحت جلد الدودة وتنتج الكربوهيدرات من ضوء الشمس وتتغذى الدودة على هـذه الكربوهيـدرات، وفي المقابل تحصل الطحالب على مأوى آمن تعيش فيه بعيدا عن الكائنـات المفترسـة، وهـذا هـو أحـد أمثلة التعايش الداخلي (endosymbiosis)- الذي يعيش فيه أحـد الأنـواع داخـل نـوع آخـر، أمـا عنـدما يعيش أحد الأنواع على سطح نوع آخر تُعرف العلاقة باسم التعـايش الخـارجي (ectosymbiosis) وأحـد الأمثلة عليها السمكة الصغيرة المنظفة التي تلحق نفسها بجلد حيوانات فصيلة أكـبر وهـي علاقـة تمـد السمكة المنظفة بمصدر غذاء، كما أنها تساعد المضيف على البقاء نظيفا من القشور الميتة والطفيليات.

التطفل

التطفـل هـو أحـد أشـكال التفاعـل بـين فـصيلتين فيهـا يتغـذى أحـد الأنـواع مـن خـلال المـضيف

وعلى حسابه، ومن أمثلة ذلك (المتصورة) التي تنتمي إلى أحد أجناس الطلائعيات والتي تنتقل خلال لدغة بعوضة الأنوفيلة وتسبب مرض الملاريا المميت، وربما يكون أغرب الطفيليات هو فطر الكورديسيبس وهو نوع يصيب أدمغة النمل ويقوم بإجبارها على تسلق قمة ساق نبات طويل وحينئذ ينفجر رأس النمل وتنتشرالأبواغ الفطرية الجديدة عبر مساحة كبيرة.

وكما هو الحال في التكافل، يفرق علماء النبات بين الطفيليات التي تعيش داخل المضيف (وتسمى (endoparasitism))، وتلك التي تعيش على سطحه، وتسمى (ectoparasitism)، وهناك تصنيفان آخران: الطفيليات الإجبارية (obligate parasites) التي لا تستطيع إلا أن تتواجد خلال التطفل على الكائنات الحية، بينما الطفيليات الاختيارية (acultative parasites) يمكنها أيضا أن تمتص المواد العضوية النافقة. وغالبا ما تظهر الأنواع الطفيلية تطورا اشتراكيا، أي أنها تتطور خلال الانتخاب الطبيعي بالتوازي مع الأنواع المضيفة لها.

الحفظ

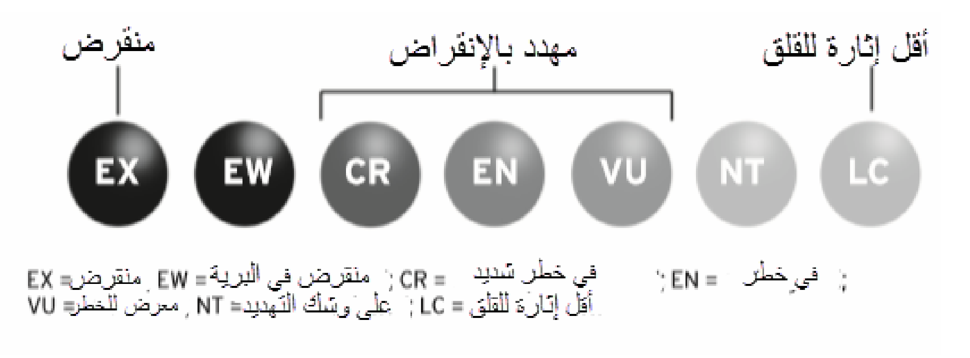
استخدام فهمنا للبيئة الطبيعية لكوكب الأرض بهدف محاولة الحفاظ عليها هو أحد فروع العلوم ويُعرف باسم (الحفظ)، وهو يشمل الاستخدام الحذر للموارد الطبيعية، والحفاظ على التنوع الحيوي، وتقليل تلوث الهواء، وبذل الجهد في حماية الأنواع المهددة بالخطر، وعلم البيئة.

وهناك العديد من التهديدات العظمي التي تهدد بيئتنا مثل إزالة الغابات، والصيد الجائر للأسماك، واستنزاف الأراضي الرطبة.

نتج العديد من هذه التهديدات عن اعتبارات صناعية واقتصادية. وترتُب على ذلك بذل العلماء المهتمين بعلم الحفظ جهود عظيمة لإقناع الحكومات بسن تشريعات لحماية الأنواع ومواطن تواجدها، حتى ولو كان ذلك يعني تقلص النمو الاقتصادي على المدى القصير.

وعلى المدى الطويل، سيحتاج الاقتصاد القومي إلى توفر بيئة مزدهرة ومستقرة لنا. يراقب علماء الأحياء المناصرون للحفظ ما إذا كان نوع ما في خطر من خلال تقييم حالته البقائية على مقياس يبدأ من منقرض (EX) ثم في خطر(EN)، ثم المعرض للخطر(VU) حتى

الأقل قلقا (CU) عند النهاية الأخرى من المقياس. في عام 2004 قدر فريق من الباحثين الدوليين الـذين يكتبون في جريدة العلوم أن حتى 50% من الأنواع الحية اليوم سوف تنقرض بحلـول 2060- وفي ذلـك دعم لاقتراحات أن الأرض ستمر بست انقراضات ضخمة.



التطور

الانتخاب الطبيعي

وصلت السفينة البريطانيـة (HMS Beagle) جزيـرة (جالابـاجوس) في سـبتمبر 1835، وعـلى ظهرهـا عـالم الطبيعة الشاب الذي يدعى شارلز دارون،، وخلال إبحار الـسفينة مـن جزيـرة إلى أخـرى جمـع دارون عينات من الأنواع التي وجدها، وسرعان ما بدأت الصورة في الوضوح -فقد وجد دارون على كل جزيرة أنواعًا متشابهة لكن باختلافات طفيفة، فبدأ في وضع نظرية مفادها أن الأنواع المتطابقـة قـد اكتـسبت هذه الاختلافات الضئيلة أثناء تكيفها مع الظروف المختلفة قليلا على كل جزيرة، واستنادا عـلى نظريـة دارون، فإن هناك تحويرات چينية من شأنها أن تحدث في كل جيـل جديـد مـن النـوع، وأي تحـويرات تثبت فائدتها فإنها تزيد من احتمالية بقاء الأفراد على قيد الحياة مدة طويلة كافية لها لتتكاثر وتنقـل هذه الخـصائص إلى ذريتهـا، وتـسمى هـذه النزعـة"البقـاء للأصـلح"، أمـا النظريـة ككـل أطلـق عليهـا "الانتخاب الطبيعي"، وكل ما كان مطلوب حينها هو آلية للوراثـة تنتقـل خلالهـا هـذه الخـصائص مـن جيل إلى جيل تال له

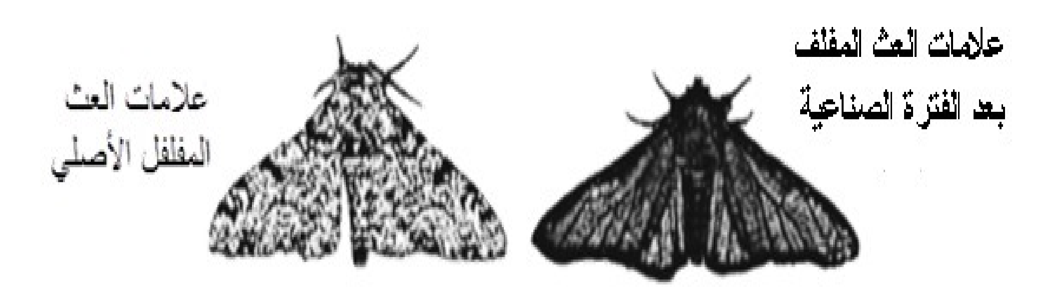
الوراثة

في أواخر القرن التاسع، وتقريبا في الوقت نفسه الذي كان فيـه شـارلز دارون يعمـل عـلى تطـوير نظريتـه "الانتخاب الطبيعي" اكتشف جرجور مندل - وهو راهب في دير أغسطس للقديس توماس في برونو فـيما يُعرف الآن باسم (جمهورية تشيكا)- شيئا مثيرا؛ لقد اكتشف مندل كيف تتنقل خصائصنا إلى أبنائنا. وقـد قام ما بين عامي 1856، و1836 بزراعة وتلقيح خلطي لحوالي 29000 من نبات البازلاء في حديقـة الـدير، وفي إحدى التجارب قام بخلط مجموعة مـن نبـات البـازلاء الأصـفر الأملـس مـع مجموعـة خـضراء متجعـدة متوقعا الحصول على سلالة جديدة متجعدة قليلا من البازلاء لهـا لـون يقـع بـين الأخـضر والأصـفر إلا أن مندل قد تفاجأ بأن البازلاء في الأجيال الجديدة كانت أما ملساء أو مجعدة تماما مثل جيل الآباء، وأنها أمـا خضراء أو صفراء- دون وجود وضع يتوسط الحالتين - أما الأكثر إدهاشا هو أن الصفات أصبحت مختلطـة في بعض الحالات، مما جعل بعض نباتات البازلاء صفراء ومجعدة بينما البعض الآخر أخضر وأملـس، وقـد بدا ذلك كما لو أن الصفات قد انتقلت للجيل الثاني مختفية، وعـلى أجـزاء متقطعـة وقـد اكتـشف منـدل الجينـات قبـل وقـت طويـل مـن اكتـشاف الـدنا، إلا أن المجتمـع العلمـي لم يلحـظ أعمالـه حتـى القـرن العشرين، والتي أمدت الانتخاب الطبيعي بالآلية التي كان مؤيدينه يبحثون عنها.

العث المفلفل

أحد أكثر الأمثلة الصادمة في الانتخاب الطبيعي القائم هو تطور العث المفلفل. ولهـذا النـوع في الأصـل أجنحة ذات ألوان فاتحة مع علامات برقشية تساعدها على الاختفاء من مفترسيها في موطنها الطبيعـي حيث تستقر على الأشنات الملونة الخفيفة التي تنمو عـلى الأشـجار، إلا أن أثنـاء الثـورة الـصناعية مـن منتصف إلى أواخر القرن التاسع عشر ببريطانيا ارتفعـت مـستويات تلـوث الهـواء، مـما أدى إلى مـوت أنواع كثيرة من الأشنات وتاركة لحـاء الأشـجار ملوثـا بالـسخام، فأصـبح العـث المفلفـل فريـسة سـهلة بالنسبة للطيور وكنتيجة لذلك فإن أي تحويرات طبيعية تجعل أجنحة العث المفلفل أغمق لونا ستزيد من فرص النجاة. لقـد تغـيرت البيئـة فترتَّـب عـلى ذلـك تبـديل الانتخـاب الطبيعـي عـث قـاتم اللـون

بالعث ذي الأجنحة فاتحة اللون، وقبل فوات الآوان أصبح جميع (العث المفلفل) الذي يعيش في إنجلترا الملطخة بالتلوث ذا أجنحة سوداء داكنة.



فرضية الملكة الحمراء

فرضية الملكة الحمراء هو الاسم الذي أطلقه علماء الأحياء على سباق التسلح التطوري الذي يحدث بين نوعين بينهما علاقة تطورتعايشي - أي أن خصائص أحدهما تتطور استجابة لخصائص النوع الآخر، على سبيل المثال، في حالة وجود مفترس يتغذى على نوع من الفرائس فإن هذا النوع قد يطور علامات جديدة لتقوم باخفائه بشكل أفضل في بيئته الطبيعية مما يصعب على المفترس إيجاده، وهذا بدوره سيدفع المفترس إلى تطوير رؤية أفضل من خلال الانتخاب الطبيعي- وسيكون احتمال بقاء هذه الحيوانات ذات التحويرات الچينية العشوائية التي تجعل بصرها أكثر قدرة على العثور على العلامات الجديدة وتمريرها لچيناتها أكبر وسينتهي بها الأمر مسيطرة على عدد الكائنات المفترسة. تأتي تسمية (الملكة الحمراء) من رواية لويس كارلوس التى عنوانها "عبر المرآة"(Looking throngh the glass)، وفيها ترشد الملكة الحمراء أليس أن تركض أسرع ما يمكن حتى تتمكن من البقاء في المكان نفسه-مثل النوعين المتنافسين الذين يتوجب عليهما التطور أسرع ما يمكن للحفاظ على نفس المستوى من صلاحية دارون. وقد جادل بعض العلماء حول أن فرضية الملكة الحمراء تفسر أيضا سبب تكاثر العديد من الكائنات الحية جنسيا - لأن الخلط الأساسي للچينات من جيل إلى جيل يليه خلال التكاثر الجنسي يصل بمعدل التطور الحادث إلى قيم عظمى.

اختلاف الأنواع

لقد دفع التطور بالعديد من الأعداد المنتمية لنفس النـوع إلى تطـوير الـسمات التـي تجعلهـا تتكيـف بشكل أفضل مع مناخ بيئتها، على سبيل المثال، البشر ذوي البشرة الداكنة أكـثر قـدرة عـلى التواجـد في المناطق الحارة من أصحاب البشرة البيضاء، لكن عندما يتسبب الانتخاب الطبيعي في إحـداث تغيـيرات كبيرة جدا لدرجة أن عددا من الأفراد لم يعد قادرا على التناسل مع أفـراد مـن نفـس فـصيلته يقـال أن هناك نوعًا جديدًا قد ظهر، وهي عملية تُعرف باسم "اخـتلاف الأنـواع"، وهنـاك نوعـان رئيـسيان مـن اختلاف الأنواع: اختلاف الأنواع مختلف الموطن(allopatric)، وإختلاف الأنواع التماثلي (sympatric).

في اختلاف الأنواع مختلف الموطن تتباعد الأنواع بسبب الاختلافـات الجغرافيـة التـي تعـزل واحـدة أو أكثر من التجمعات في بيئات مختلفة تتكيف معها بشكل مختلف، وهذه هي الآلية التـي ظهـرت مـن خلالها الأنواع المختلفة اختلافات طفيفة التي لاحظهـا داروِن عـلى جزيـرة جـالا بـاجوس. ومـن ناحيـة أخرى هناك إختلاف الأنواع التماثلي الذي تنشأ فيه الأنواع الجديدة من التجمعات التي تـسكن نفـس الموطن، وفي هذا النوع تؤدي الاختلافات السلوكية التي تنشأ بين التجمعـات إلى تكـون أنـواع جديـدة، على سبيل المثال، قد يكتشف أحد التجمعات مصدرا جديدا للغـذاء ويـصبح متكيفـا مـع الـسعي وراء هذا المصدر بدلا من الغذاء الذي يتغذى عليه بقية نوعه.

التطور المتقارب

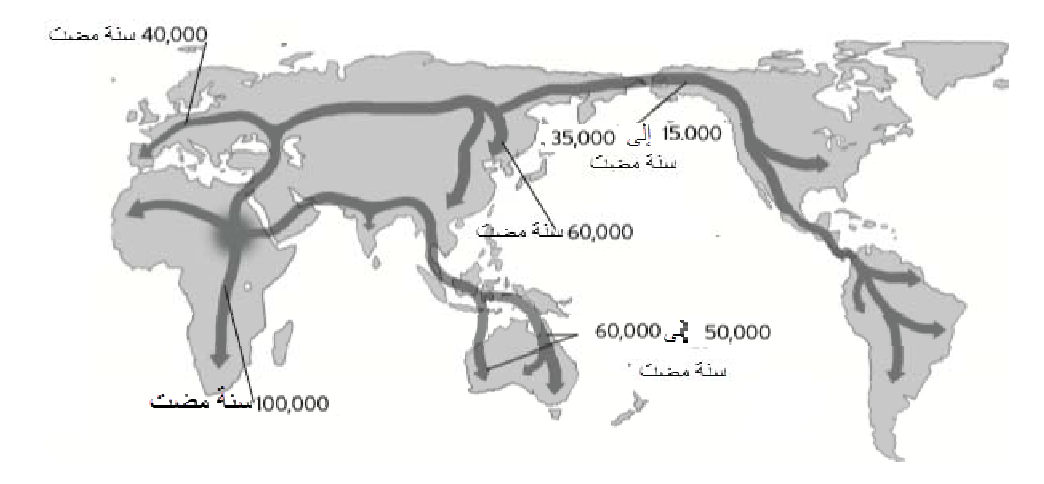
يبدو أن التطور يقدم حلولا محددة للمشاكل التي يثيرها العالم الطبيعي، وقد ظهرت سمات محددة -مثـل الطيران، والبصر - عدة مرات بين مجموعات من الكائنات الحية غير المرتُبطة ببعـضها تمامـا، وتُعـرف هـذه الظاهرة باسم التطور المتقارب، فقد ظهرت الأجنحة بشكل مستقل في الطيور والحـشرات والخفـافيش، وفي الوقت نفسه، العيون تتواجد بشكل أكثر؛ فهي تتطور فيما لا يقل عـن 40 مناسـبة مختلفـة، وهنـاك أمثلـة أخرى تشمل تحديد الموقع باسـتخدام الـصدى الـذي يـستخدمه كـل مـن الخفـافيش (رتُبـة الخفاشـيات)، بالإضـافة إلى الحيتـان والـدلافين (رتُبـة الحيتـان)؛ بيـنما تطـورت الأوراق عـبر مملكـة النبـات. قـد يحـدث

تناقض بين التطور المتقارب والتطور المتباعد الـذي تتطـور فيـه أنـواع متـشابهة مبتعـدة عـن بعـضها، والتطور الموازي الذي تظهر فيه صفات متشابهة في أنواع مختلفة لكنها ترجع إلى سلف مشترك

خارج أفريقيا

يعتقد أن البشر المعاصرين- نوع الإنسان العاقل (the species Homo sapiens)- قد تطوروا في أفريقيا مـا بين 100000 و200000 مضت من نوع القردة العليا، ثم هاجروا مـن هنـاك إلى الخـارج وحـول العـالم حيث منحتهم أدمغتهم الضخمة الفطنة التي تساعدهم على التفـوق وأن يحلـوا تـدريجيا محـل نـوع القردة العليا الأكثر بدائية مثل (نياندرتال Neanderthal) و(الهوموإرِكتوس Homo erectus).

وتُعرف نظرية تطور نوعنا باسم (خارج أفريقيا)، وقد اقترح شارلز داروين أبو التطور هذه النظرية لأول مرة في كتابه (أصل الإنسان) وقد تأكدت من خلال مجال علم الوراثة الأثري الذي يقارن بـين أنمـاط الـدنا الموجودة في بقايا الإنسان القديم والموجودة في البشر المعاصرين.



وبصفة خاصة يبحث مجال علم الوراثة الأثري في الدنا الميتوكوندري الذي ينتقل من جيل إلى آخر دون أن يحدث له تغـير عنـد الأنثـى، وكروموسـوم Y الـذي ينتقـل سـليمًا إلى الـذكور، وقـد وجـد أن الـدنا الميتوكوندري، وكروموسـوم Y في البـشر المعـاصرين حـول العـالم يطابقـان مثيلـيهما في سـكان أفريقيـا القدماء من نوع الإنسان العاقل.

الحلقة المفقودة

لقد أتاح كل من علم الآثار وعلم الحفريات تتبع تطور الأنواع من خلال استخراج البقايا الحفرية للكائنات الحية التي تنتمي إلى فترات زمنية مختلفة من ماضي الأرض، لكن عندما يبدو تسلسل الحفريات التي توضح تطور أنواع معينة إنه ينقصه خطوة، فيطلق أحيانا على هذه الفجوة اسم الحلقة المفقودة، ويستخدم هذا المصطلح في الغالب في التقارير الشُعبية، بينما يميل العلماء إلى تفضيل المصطلح البديل (حفرية إنتقالية)-حفرية لنوع يشكل خطوة إنتقالية في سلسلة التطور، ومن أمثلة ذلك البقايا الحفرية لإركيوباتركس)- ديناصور ذو ريش- والذي يقدم دليلا دامغا لدعم نظرية أن الطيور الحديثة تطورت من الديناصورات. والأحدث من ذلك أن في عام 2009 اكتشف العلماء بقايا حفرية لنوع من الرئيسيات عمرها 47 مليون سنة، تمثل الحيوانات التي في حالة دفع (المسماة IDA) رابطًا رئيسيًا بين البشر وبقية مملكة الحيوان.

تصنيف لازاروس

تُعرف الأصناف التي تختفي من السجل الأحفوري وتعاود الظهور مجددا في وقت لاحق باسم (تصنيف لازاروس)-لأنها عادت ظاهريا إلى الحياة بعد الموت تماما مثل لازاروس في قصة من العهد القديم- لكن تصنيفات لازاروس -على النقيض من تسميتها الإنجيلية- لم تنهض إلى الحياة من القبر في إعجاز بل أن وجودها يرجع إلى الطبيعة غير المنتظمة للسجل الأحفوري، فتكون حفريات يتطلب ظروفا محددة ليحدث، مما يعني أن نسبة فقط من الأنواع التي على قيد الحياة تخلف وراءها سجلا دائما- ونسبة أقل من هذه الحفريات يعثر عليها علماء الحفريات- والمثال الرئيسي لتقسيم لازاروس هو السمكة شوكية الجوف -وهي سمكة كان من المعتقد أنها انقرضت منذ 80 مليون سنة إلى أن عثر على عينة حية على ساحل جنوب إفريقيا عام 1938.

التوازن المتقطع

تقول النظرة التقليدية للإنتخاب الطبيعي كما وضعه شارلز دارون أن التطور عملية ثابتة

ومستمرة إلا أن عالم الأحياء الأمريكي نايلز إيلدرربرج وستيفن جاي جولد قدما عام 1972 وجهة نظر مثيرة للجدل حيث اقترحت نظريتهما التي أطلق عليها (التوازن المتقطع) أن التطور يحدث بشكل متقطع ويبدأ بهبات سريعة من النمو -التقطعات التي لا تدوم كل منها أكثر من 100000 سنة (مدة لا تذكر بالنسبة لعلم الچيولوچيا)- تتخللها فترات طويلة من الاستقرار النسبي (التوازن). الدليل على نظرية التوازن المتقطع مختلط، حيث أن ذريات بعض الأنواع كما يبدو من السجل الأحفوري تتفق جيدا مع النظرية مثل (ammonite molluscs) على سبيل المثال لكن هناك أنواع أخرى تبدو خاضعة لتنمية تدريجية.

الأحياء الاجتماعية

الأحياء الاجتماعية هي الجدل حول أننا لا نرث من أبائنا سماتنا الجسدية بل نرث منهم أيضًا طباعنا، ونظرتنا العقلية، وصفاتنا السلوكية، وتقوم النظرية على فكرة أن سلوكنا يتشكُّل بنفس الأسلوب الذي تتشكُّل به خصائصنا الجسدية من خلال الانتخاب الطبيعي- أي أن السلوكيات التي تجلب المنفعة الأكبر هي التي على الأرجح تنتشر بين الأفراد، وعلى الرغم من أن هناك قلة من العلماء تعارض تطبيق الأحياء الاجتماعية على عالم الحيوان إلا أن تطبيقها على السلوك الإنساني هو ما يثير الجدل. ويزعم النقاد أن الثقافة هي القوة الدافعة لسلوك الإنسان، إلا أن المؤيدين يجادلون حول أن هذه النظرية يمكنها تفسير انتشار السلوكيات الاجتماعية لإنسان ما بما فيها (الميل إلى الإجرام)، وقد صاغ (إي أو ويلسون) عالم أحياء بجامعة هارڤرد مصطلح الأحياء الاجتماعية وقام بحصيلة كبيرة من الأعمال الرائدة في هذا المجال.

اللاماركية

هل ينجب لاعبو كمال الأجسام أطفالا مفتولي العضلات؟ لقد كان هذا السؤال أطروحة لنظرية عن التطور سبقت نظرية دارون طرحها عالم الأحياء الفرنسي (چين بابتس لامارك)، والفكرة هي أن الكائنات لاتنقل فقط سماتها الفطرية لأبنائها بل تنقل أيضا سماتها التي قد اكتسبتها من الحياة، وبالتالي ينجب الأساتذة أطفالا أذكياء، ولاعبو كمال

الأجسام ينجبون أطفالا مفتولي العضلات حقا، كما أن - طبقا لنظرية لامارك- فإن الزرافة قـد اكتـسبت عنقها الطويل من الامتدادات المتراكمة لأعناق أجيال عديدة من الحيوانات التي كانت تحاول الوصـول للأوراق الموجودة على قمم الأشجار. وعلى الرغم من أن الدلائل المتراكمة للانتخـاب الطبيعـي ونظريـة دارون حازت شُعبية، إلا أن الدلائل الداعمة لنظرية لامارك كانت ضـئيلة مـما أدى إلى سـقوط الفكـرة لكن مؤخرا حظيت بطفرة طفيفًة من الاهتمام في مجال علم التخلق الجديد

التطور الوراثي

الجين الأناني

الچين الأناني هو عنوان كتاب لعالم الأحياء الإنجليزي البارز ريتشارد دوكينز عام 1976 وقـد أصـبح هـذا العنوان منذ ذلك الحين كناية عن كيفية دفع التطور مـن خـلال الانتخـاب الطبيعـي لـدارون بواسـطة المنافسة على السيطرة بين چيناتنا. الانتخاب الطبيعي يفضل الچينات التي ينتج عنها سلوكيات وسمات جسدية تنقل هذه الچينات بأكبر كفاءة، وبهذه الطريقة تعمل الكائنات الحية بكفـاءة كقـوارب نجـاة لچيناتها. وبالإضافة إلى تفسير النظرية للطبيعة الأنانية العلنية للتطور-على سبيل المثال دفـع الكائنـات المفترسة إلى تطوير مهارات صيد أفضل- فهي تفسر أيضا السلوكيات الأكثر إيثارًا مثـل الكائنـات الحيـة التي تضحي بنفسها من أجل حماية أقاربها في ظاهرة تسمى (الملاءمة الشاملة).

الملاءمة الشاملة.

قال عالم الأحياء الرياضية البريطاني جون هالدن ذات مرة "هل مـن الممكـن أن أضـحي بحيـاتي لإنقـاذ أخي؟"

"لا؛ لكن يمكنني فعل ذلك لإنقاذ اثنين من إخـوتي أو ثمانيـة مـن أبنـاء عمـومتي"، وكانـت وجهة نظره هي أنك تشارك نصف چيناتك مع أخيك (أو أختك) وضـمان نجـاة اثنـين مـن إخوتك يمنح نفس الفائدة التطورية بالنـسبة لتمريـر چيناتـك كتأكيـد عـلى أنـك سـتنجو، وبالمثل أنت تشارك 8/1 من چيناتك مع أحد أبنـاء عمومتـك وبالتـالي ضـمان نجـاة ثمانيـة

منهم على حسابك أنت سيؤدي نفس الغرض، وتُعرف هذه الفكرة باسم الملاءمة الشاملة وهي تشرح سبب قيام بعض الأنواع بإظهار الإيثار من أجل بعض أفراد عائلتها - وهو سلوك يبدو للوهلة الأولى متناقضا مع تفسير الجين الأناني للانتخاب الطبيعي. كلب البراري على سبيل المثال سوف يطلق تنبيها إذا رأى حيوانًا مفترسًا يقترب، وهذا التنبيه سينذر أفراد أسرته ولكنه سيضعه هو نفسه في خطر لأنه لفت الانتباه إلى نفسه.

الإيثار

قد يبدو الإنتخاب الطبيعي -ولا سيما تفسيره الوراثي من خلال الجين الأناني -غير متسق مع فكرة الكائنات الحية التي تساعد بعضها بعضا، لكن في الحقيقة يعج العالم الطبيعي بأفعال عشوائية تبدو خيرة،وفكرة الملاءمة الشاملة مثال على ذلك- حيث يضع الكائن الحي نفسه في خطر من أجل مساعدة أفراد أسرته إلا أن هناك شكلا آخر من الأفعال الخيرية الداروينية التي تدفع سلوك الكائنات ويسمى "الإيثار المتبادل". ويحدث ذلك عندما تساعد الكائنات الحية كائنات حية أخرى عند الحاجة أملا في أن ترد هذه الكائنات المساعدة يوما ما، ويلاحظ هذا السلوك في مستعمرات النمل، فالنمل له أمعاء إضافية لتخزين طعام احتياطي لإطعام أفراد المستعمرة الجوعى، وأي نملة تفشل في مساعدة نملة أخرى يقوم باقي الأفراد بتركها لتموت جوعا عندما تحتاج هي إلى الغذاء، ويدفعنا التطور نحن كبشر إلى هذا السلوك-على الرغم من أننا لا ندرك ذلك.فالإحساس الدافيء الذي نشعر به داخلنا كلما تصدقنا بالمال أو ساعدنا شخصا محتاجا هو الطريقة التي تكافئنا بها جيناتنا ليس فقط لكوننا خيرين بل لقيامنا بشيء يعزز بقاءنا، وهي نفس المكافأة التي نشعر بها كلما اشتركنا في الأنشطة الأساسية لآخرين- مثل الطعام أو التكاثر. وقد قام عالم الأحياء روبرت ترايفر بجامعة هارڤرد عام 1971 بتطوير نظرية الإيثار المتبادل.

علم وراثة السكان

يبحث علم وراثة السكان في تكرار الآليلات المختلفة لجينات محددة (على سبيل المثال اللون البني واللون الأزرق آليلان مختلفان لصفة لون العين) داخل مجموعة من الكائنات الحية التي تنتمي لنفس النوع لتحديد تغير هذا التكرار بمرور الزمن، وأهم المقاييس

الإحصائية في علم وراثة السكان هو تردد الآليل - العدد الكلي لآليلات چين معين معبرًا عنه كنسبة جزء من العدد الإجمالي لتلك الچينات في عدد السكان، على سبيل المثال في مجموعة من أشخاص عددهم N، إذا كان هناك عدد X لهم عيون زرقاء، وعدد لهم عيون بنية ؛ إذن تكون ترددات العيون زرقاء اللون وبنية اللون هي X/N وY/N على الترتيب، وتسمى مجموعة الآليلات في هذه الحالة باسم مجمّع الچينات (the gene pool) - كلما كان تجمع الچينات كبيرا كان التنوع الچيني كبيرا. ويظهر التطور نفسه على هيئة تغيرات في X، وY مع الزمن.، ويتأثر علم وراثة السكان بأربعة عوامل رئيسة هي: التحويرات الچينية، والانتخاب الطبيعي، وسريان الچين، والإنحراف الچيني.

سريان الجينات

من العوامل الرئيسة المساهمة في وراثة السكان ظاهرة تُعرف باسم سريان الچينات-انتقال آليلات چين معين خلال السكان نتيجة النزوح المادي للكائنات، وتتعرض الجماعات ذات قابلية التحرك الأكبر لسريان چيني أكبر خلال مجموعاتها السكانية، ويؤدي السريان الچيني إلى تنوع چيني أكبر مما يحقق استقرارا أكبر للسكان إلا إنه يقلل ظهور أنواع جديدة عن طريق اختلاف الأنواع. ويمكن للخصائص الجغرافية التي تعيق النزوح مثل الجبال والمحيطات- أن تثبط من السريان الچيني مما يؤدي إلى نشوء تجمعات چينية منعزلة وهو ما اكتشفه شارلز دارون على جزر جالاباجوس.

يحاول العلماء جاهدين تثبيط السريان الچيني في نمو الكائنات المعدلة وراثيا لمنع الچينات المصنعة هندسيا من القفز إلى التجمعات البرية- تلوث چيني- ويتم تحقيق ذلك من خلال استخدام وسائل مثل چينات الإنهاء.

الإنحراف الجيني

الإنحراف الچيني هو تأثير يحدث في وراثة السكان يؤدي إلى تغير تردد آليلات الچينات المختلفة بشكل عشوائي، وهو يحدث بسبب التقلبات الإحصائية في عوامل مثل إذا ما كانت كائنات محددة تعيش طويلا بحيث يكون لديها الوقت الكافي للتكاثر، وفي تلك التي

تتكاثر ما إذا كانت الآليات تنجو من عملية الخلط العشوائي في عملية (انتقال الكروموسومات) وهناك الكثير من الجدل حول أهمية الإنحراف الجيني في دفع تطور الأنواع مقارنة بالانتخاب الطبيعي، وبصفة عامة يصبح الإنحراف الجيني مؤثرا في التجمعات الصغيرة من الكائنات الحية حيث أن الحجم الصغير للعينة الإحصائية يقلل من احتمالات تساوي التغيرات العشوائية في تردد الآليات بينما في التجمعات الأكبر يكون التأثير صغيرا.



الطبيعة أم التنشئة

أيهما يلعب دورا أكبر في تحديد سمات الكائن الحي وخصائصه- الچينات التي يرثها من والديه أم السمات المكتسبة التي يتعلمها وتتراكم لديه من خلال تأثيرات البيئة وخبرته الحياتية ؟ يُعرف ذلك باسم جدال "الطبيعة أم التنشئة". يكمن مفتاح الإجابة عن هذا السؤال فيما يسمى "دراسات التوائم"- وفيها يبحث العلماء في السمات التي تظهرها التوائم المتطابقة التي عايشت خبرات حياتية مختلفة. نظريا، أي اختلافات بينهم لابد أن يرجع إلى التنشئة، وليس إلى الطبيعة. معظم دراسات التوأم التي أجريت حتى الآن لم تظهر أن أي من الطبيعة أو التنشئة هي العامل الوحيد - بل جزء من كليهما - وبينما يظهر

بوضوح أن بعض السمات تتأثر بالطبيعة بشكل كامل-مثل لون العينين- يظهـر واضـحا أيـضًا أن هنـاك صفات أخرى أكثر انفتاحا للتأثر بالتنشئة مثل القوة العضلية، والمخاوف المرضية وحتى الـروح المرحـة. تقع فكرة الطبيعة أم التنشئة في قلب الجدل حول ما كانـت الأحيـاء الاجتماعيـة قابلـة للتطبيـق عـلى سلوك البشر.

الأحياء التطورية التنموية

الأحياء التطورية التنموية، أو باختصار (Evol. Deve) تدرس كيفية تأثير العوامل مثل الچينـات والتطـور على الأحياء التنموية، وهي مجموعة فرعية من الأحياء التناسلية التي تتعامل مـع نمـو خليـة مخـصبة واحدة إلى أن تصبح كائنا بالغا.

وأحد المفاهيم الأكثر أهمية هو كيف مـن الممكـن لمجموعـة چينـات تـسمى (الچينـات المتماثلـة) أن تشكُّل النمو البدائي للأجنة، وهي تقوم بذلك من خلال تنظـيم التعبـير الچينـي بحـذر بطـرق مختلفـة خلال العلقات النامية لتحويل مجموعة صغيرة من الخلايا إلى أجنة وقد تسببت تجـارب تغيـير هيكـل الچينات المتماثلة في ذباب الفاكهة في نمو زوج من الأجنحة الإضافية للأجيال الجديدة في أماكن خاطئة. تسلسل الدنا الذي يشكل الچينات المتماثلة هو تطور عتيق- بسبب بقائه تقريبا كما هـو في الكائنـات الحية لملايين السنين، وبالتالي فإن استبدال الچينـات المتماثلـة في الـذباب بالچينـات المتماثلـة للفـئران- وكلاهما ينتمي إلى سلف مشترك- ينتج عنه حشرات عادية.

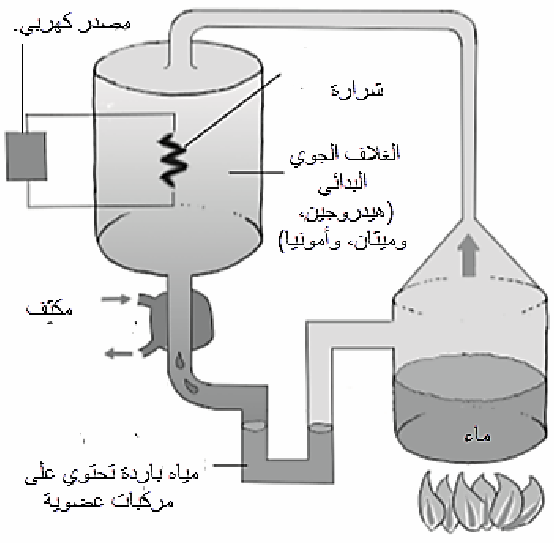
علم ما فوق الوراثة

علم ما فوق الوراثة هو مصطلح يستخدمه علماء الأحياء ليشيروا إلى الأمثلة التي يلاحـظ فيهـا سـمات للكائن الحي وخصائص لا يمكن أن تكون قد أخذت في الاعتبار في الچينات المكتوبة في الدنا الخاص بها. ويعتقد أن ظاهرة ما فوق الوراثة سببها التغيرات في الآلية الحيوية المسئولة عن التعبـير الچينـي، وقـد وصف بعض علماء الأحياء علم ما فوق الوراثة بأنه اللاماركية الجديدة زاعمـين إنـه يقـدم آليـة يمكـن للكائنات الحية من خلالها تمرير صفات غير خلقية اكتسبتها أثناء حياتها لذرياتها.

أصل الحياة

التخلق اللاحيوي

كيف بدأت الحياة لأول مرة على كوكب الأرض؟ يطلق على التقصي العلمي حول طريقة نشوء العمليات الحيوية من مواد كيميائية غير حية اسم التخلق اللاحيوي. ويرجع تاريخ أولى حفريات الكائنات الحية إلى حوالي 3.5 مليون سنة مضت - بعد حوالي مليون سنة من تكون كوكب الأرض، وكانت هذه الحفريات ستروماتوليت(Stromatolites). أي هياكل تشكُّلت عن طريق ترسب صخور رسوبية وكائنات حية دقيقة، ومع ذلك يعتقد أن أول أشكال الحياة على الكوكب هي الميكروبات بدائية النواة أحادية الخلية، فأحوال الكوكب الصغير كانت قاسية، وتتجنب الضرب الذي تجلبه المذنبات والشهب مما يعني أن من المستحيل أن تكون الحياة على الأرض قد بدأت قبل 3.7 مليار سنة إلى 4 مليار سنة مضت على سطح الأرض وربما 4 إلى 4.2 مليار سنة مضت في قاع المحيط. وتبين تجربة ميلر- أوري وتجارب أخرى كيف يمكن أن تكون المواد الكيميائية الحيوية البسيطة قد نشأت، أما النظريات مثل: عالم الرنا، وعالم الحديد-الكبريت ونظرية الطين فتقدم آليات ممكنة من خلالها تحولت هذه المواد الكيميائية إلى كائنات حية، لكن إلى يومنا هذا لم يتأكد العلماء إذا ما كانت أي من هذه النظريات صحيحة.



تجربة ميلر- أوري

في عام 1953 أجرى كل من ستانلي ميلر، وهارولد أوري بجامعة شيكاغو تجربة شهيرة لاكتشاف ما إذا كانت ظروف كوكب الأرض الشاب قد تسببت في تكون المواد الكيميائية اللازمة للحياة، لقد قاما بتسخين الهيدروجين والميثان

والأمونيا-المواد الكيميائية التي يعتقد وجودها في بداية حياة الأرض ثم قاما بـضخ تيـار كهـربي خـلال الخليط لمحاكاة الأحوال العاصفة لكوكب الأرض الشاب، وبعـد أسـبوع مـن التـشغيل المـستمر ولـدت التجربة مركبات عضوية متنوعة من ضمنها الأحماض الأمينية- اللبنات الأساسية في بناء البروتـين- وقـد أجري فيما بعد عدد من التجارب التي نجح فيها العلـماء في إنتـاج لـيس فقـط الأحـماض الأمينيـة بـل قواعد النوكليتدات أيضًا (الوحدات الأساسية التي تشكُّل جزيئات الدنا، والرنا).

في عام 2008 أعاد علماء من الولايات المتحدة الأمريكية، والمكسيك تجربة ميلر-أوري لكـن بعـد القيـام بتعديل، حيث عدلوا إعدادات الجهاز بحيث يحقق ظروفا مشابهة لظروف انفجـار بركـاني عـلى وشـك الحدوث، وهذا التغيير في التجربة أدي إلى إنتاج مواد عضوية أكثر من أي حالة أخرى- مـما يـدل عـلى أن البراكين على الرغم من تأثيرها المميت على الحياة في الحاضر قد تكون لعبت دورا أساسيا في نشأتها.

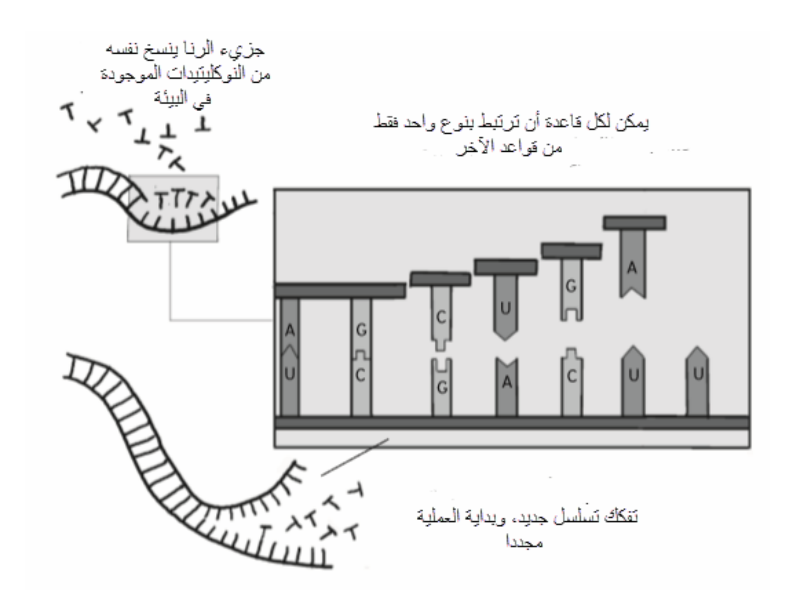
عالم الرنا

عالم الرنا هي نظرية حول الكيفية التي يمكن أن تكون الحياة على سطح الأرض قـد بـدأت بهـا، وفيهـا الكائنات القائمة على الدنا والبروتينات والتي تسكن الكوكب اليوم قد سبقت بحقبة كانت فيها الحيـاة مبنية على ابن عم جزيء الدنا ألا وهو جزيء الرنا.

تستخدم الكائنات الحية في العالم المعاصر جزيء الدنا لتخزين المعلومـات الچينيـة (الچينـات) اللازمـة لبناء البروتينات التي تُكون بعضها الإنزيمات اللازمة لتكرار هذه الچينات وبالتالي إنشاء أجيـال جديـدة من الكائنات الحية، لكن ذلـك أدى إلى سـيناريو البيـضة أم الدجاجـة: أي أيهـما جـاء أولا- البروتـين أم الدنا؟ يبدو أن كلاهما يجب أن يكون قد جاء إلى الوجود في الوقت نفسه، لكن هذا غير مرجح.

في نظرية عالم الرنا - التي طرحها للمرة الأولى عـالم الأحيـاء الأمـريكي كـارل ويـزي عـام 1968 وطورهـا فـيما بعـد والـتر جيلـبرت عـام 1986- تقـوم جزيئـات الرنـا بتخـزين المعلومات، وبالتكرار كذلك، وقد اقترحت هذه الفكرة بعد اكتـشاف أن الرنـا يمكـن أن يكون له الخصائص المحفزة نفسها التي تتميز بها الإنزيمات، ويعتقد العديد من علـماء

الأحياء أن عالم الرنا موجود - على الرغم من إنه لا يزال غير معروف ما إذا كان عالم الرنا يمثل الحياة الأولى على سطح الأرض.



عالم الحديد - الكبريت

هل يمكن للحياة على سطح الأرض أن تكون قد بدأت من صخور سلفات الحديد؟ تقول النظرية التي تُعرف باسم عالم الحديد - الكبريت أن الأشكال البدائية للحياة على سطح الأرض لم تقم على الدنا ولا الرنا؛ بل انتشرت لأول مرة من خلال مركبات كيميائية غير عضوية حول منفثات الحرمائية في قاع المحيط. اقترح نظرية عالم الحديد-الكبريت لأول مرة عالم الكيمياء الألماني (جانتر واشترشوزر) في أواخر الثمانينيات وبدايات التسعينيات. ويمكن للحديد والكبريت تشغيل دورات.

كيميائية تشبه عمليات الأيض في الكائنات الحية الحديثة هذه النظرية مثيرة للاهتمام بشكل خاص لأنها تتكهن بالتحول من الحياة غير العضوية إلى الحياة العضوية المكونة من البروتين المبني على الكربون، من النوع الموجود الآن. يكون الحديد والكبريت معا حمض الخليك والذي يكون أحماضا أمينية عندما يتحد مع الكربون والأمونيا وهذه الأحماض الأمينية تتجمع بدورها لتكوين البروتينات - عملية وضحها واشترشوزر وزملاؤه تجريبيا عام 1997.

الكون الحيوي العميق الساخن

ماذا لو لم تبدأ الحياة على سطح الأرض،ولا حتى في قاع المحيط، بل على عمق كيلومترات عديدة تحـت سطح الأرض؟ هذه هي النظريـة التـي طرحهـا العـالم البريطـاني تومـاس جولـد في الـسبعينيات والتـي أسماها فيما بعد (الكون الحيوي العميق الـساخن).، واسـتنادا لمـا قالـه جولـد، قـد تكـون أول أشـكال الحياة هي العتائق، وهي نظرية مستساغة؛ لأن عمق الأرض هو أحد أكثر البيئات آمانًا للكائنات الحية لتحمي نفسها من الإضطرابات- قصف الكويكبات والانفجارات البركانية - التي عاثت في الأرض فـسادًا أثناء سنوات تكوينها، أما اليوم فمن المعروف أن هذه البكتريا والكائنات الحية الدقيقة الأخرى تزدهـر تحت سطح الأرض على أعماق لا تقـل عـن 5 كـم إلا أن في جعبـة جولـد مفاجـأة أخـرى، فـإذا كانـت نظريته صحيحة فبالتالي ستكون البكتريا تحت الأرضية التي تتغذى على غاز الميثان المنبعث من قـشرة سطح الأرض هي فعليا ما يولد احتياطي البـترول تحـت الأرض- وليـست البقايـا المـضغوطة للكائنـات الحية على سطح الكوكب كما في النظرية القياسـية، وإذا كـان محقا،فـسيكون إنتـاج البـترول مـستمرًا، وسيكون القلق بشأن ذروة البترول ليس في محله.

نظرية الطين

نظرية الطين- التي طرحها عالم الأحياء البريطاني جراهام كايرنيس سميث عام 1968- هي فكرة مبتكـرة عن أصل الحياة على كوكب الأرض، وتقول أن أول أشـكال الحيـاة تكونـت عـلى سـطح الكتـل الطينيـة القديمة، وتقول أن بلورات الطين لها خصائص كيميائية تمكنها من تكرار نفـسها دون وجـود الجزيئـات المعقدة مثل الدنا والرنا، والأكثر من ذلك هو أن بلورات الطين لها القدرة على التكيف مـع بيئتهـا مـن خلال الانتخاب الطبيعي - حيث تفضل البيئة اختيار أشكال معينة من الطين، عـلى سـبيل المثـال يميـل الطين اللزج إلى تكوين طمي عمق النهر، وأعماق النهر ذات الطمي تميل إلى جـذب المزيـد مـن الطـين اللزج وتحدث عمليات انتخاب مشابهة على أسطح الطين مما يمكنه اختياريا من شق أنواع معينة مـن الجزيئات وهذا قد يكون ما نقل في النهاية تناسل الحياة الطينية إلى جزيء جديد: الدنا.

أصول غير الأرضية

يعتقد بعض العلماء أن الحياة على كوكب الأرض قد تكون بدأت في الأصل في الفضاء - أن المادة العضوية المنحدرة إلى كوكبنا من الفضاء الخارجي منذ مليارات السنين قد تكون هي ما وضع بذور الحياة هنا منذ البداية، وفي هذه الحالة نعتبر جميعا فضائيون.

في عام 2009 أعلن علماء ناسا أنهم عثروا على أحماض أمينية جمعت من مذنب 2 بواسطة مركبة الفضاء Stardust أثناء طيرانها في عام 2006، ويعتقد أن مياه المحيطات ترسبت في مكانها الحالي بفعل المذنبات، والآن يبدو معقولًا أن الأساسات الكيميائية للحياة قد تكون جاءت معها، ويعتقد بعض الباحثين أن الكائنات الحية الدقيقة نفسها قد تكون جاءت من الفضاء من خلال (الإنتشار الشامل).

عام 1996 أعلن علماء ناسا عثورهم على ما يشبه الحشرات المتحجرة في حجر نيزكي من المريخ، على الرغم من أن هذا الزعم فقد مصداقيته بشكل كبير الآن، إلا أن علماء آخرين قد وضحوا كيف يمكن أن تكون الكائنات الدقيقة قد نجت من رحلة شاقة عبر الفضاء- بل السفر بين أنظمة النجوم- محتجزة داخل حبيبات ضئيلة من الغبار.

الفيزياء الحيوية

علم الأحياء الرياضياتي

لا يسلك علم الأحياء مسلك الأنظمة معقدة المحتوى الرياضي- بالطبع ليس بقدر علم الفيزياء-إلا أن علماء الأحياء يقومون باستمرار بتطوير التمثيل العددي لمادتهم مما يتيح لهم تطبيق الأساليب الفعالة من الرياضيات البحتة، والرياضيات التطبيقية مما يؤدي إلى رؤى جديدة بشكل كبير، وتكمن قوة علم الرياضيات في قدرته على مساعدة الإنسان في تصور المفاهيم التي تفوق مدى حواسه وحدسه وتساعده في تحليلها، ولولا علم الرياضيات لانعدمت فرصتنا في الاستفادة من عمادي النظريات الفيزيائية الأساسية - النظرية النسبية ونظرية الكم-وبالمثل يطوع علماء الأحياء هذا النظام لتحمل مسائل الأحياء الكبيرة مثل الهيكل الجيني والتعبير الجيني، وعلم بيولوجيا الأعصاب وعلم

بيولوچيا الخلايا ولتساعدهم على تجزئـة العمليـات التـي لا تعـد ولا تحـصى التـي تـساهم في الحاملـة البيئية. أن وضع علم الأحياء على قاعدة راسخة من علم الرياضيات مكن الباحثين مـن اسـتدعاء قـدرة الكمبيوتر على حل المشكلات، مما يجلب حلولا جديدة بل يجلب فعـلا مجـالات علميـة جديـدة مثـل بيولوچيـا الأنظمـة. ويُعـرف تطبيـق اسـتخدام الكمبيـوتر في علـم الأحيـاء أحيانًـا باسـم (المعلوماتيـة الحيوية).

الميكانيكا البيولوجية

الميكانيكا هي فرع الفيزياء الذي يتعامل مع سلوك الأجسام في الاستجابة للقوى المطبقة عليها، وكذلك تهتم الميكانيكا الحيوية بتأثيرات القـوى الفيزيائيـة عـلى الأنظمـة الحيويـة، وهـي تطبـق عـلى جميـع المقاييس خلال الكائنات الحية- من حساب ديناميكا الموائع والعضيات داخل الخلايا وحتى الإجهـادات المؤثرة على العظام عن طريق تطبيق معادلات نيفيه ستوك لنمذجة سريان الدم أو من خلال استخدام الديناميكا الهوائية لفهم كيف تطير الطيور.

كان هناك تطبيقًا رئيسيا استخدم في علم الرياضة البدنية حيث مكن اسـتخدام تـصوير الفيـديو ثـلاثي الأبعاد بالإضافة إلى تحليل الكمبيوتر المدربين الرياضيين مـن تطـوير أداء اللاعبـين - عـلى سـبيل المثـال حساب كيفية تحسين مدى لاعب الجولف ليحقق المسافة القـصوى. عـادة تكـون حـسابات الميكانيكـا الحيوية أصعب وأكثر تعقيدا من نظيراتها في الفيزياء البحتـة بـسبب الأشـكال غـير المحـددة ودرجـات الحرية المتعددة في الأنظمة الحيوية.

الهندسة الحيوية

بينما تقوم الميكانيكا الحيوية بتطبيق مبادئ الفيزيـاء عـلى الأجـسام المتحركـة لحـل مـسائل الأحيـاء تقـوم الهندسة الحيوية بنفس الشيء من خلال مجموعـة كبـيرة مـن الأسـاليب والتقنيـات مـن مجـال الهندسـة، والأمثلة على ذلك تشمل تطوير القلوب الاصطناعية، والكبد، والعظام، والعيون ومجموعـة مـن الزراعـات الطرفية والسيبرانية، وهي تشمل أيضا تطوير الآلية الطبية وأنظمة توصـيل العقـاقير، والتعـديل الـوراثي، والأحياء الاصطناعية وعلم المحاكاة البيولوچية.

لكن الهندسة الحيوية تفوق ذلك، فهي تدور حول تطبيق الوسيلة الهندسية لتصميم وبناء حلول لمسائل في العلوم الحيوية، وحتى مصطلح هندسة حيوية نفسه تم عكسه هندسيا لوصف تطبيقات الأحياء في الهندسة- على سبيل المثال عندما يستخدم المهندسون المدنيون موادا حيوية في تشييد مبنى ما تكون هذه الخرسانة مدعمة بألياف نباتية.

بيولوجيا الإشعاع

تهتم بيولوچيا الإشعاع بتأثير الإشعاعات على النسيج الحيوي، وهذا يشمل إشعاع التأيين- مثل ألفا وبيتا وجاما، بالإضافة إلى الإشعاع الحراري، وأطوال موجية متنوعة من الإشعاع الكهرومغناطيسي. وتشمل تطبيقات بيولوچيا الإشعاع تقييم الخطر الذي يقع على رواد الفضاء من الأشعة الكونية بالإضافة إلى الجسيمات والموجات القادمة من الشمس، كما تستخدم أيضا للتقصي عن الرابط المزعوم بين استخدام الهواتف الخلوية، وحالات أورام المخ - على الرغم من أن النتائج لا تزال غير حاسمة حتى الآن. وبالإضافة إلى تعامل بيولوچيا الإشعاع مع الأخطار المحتملة الناتجة عنها فإنها تتعامل مع فوائدها أيضا على حد سواء، فأساليب التصوير الإشعاعي تستخدم في تشخيص الأمراض ورصد نموها، ومنها أشعة إكس بالإضافة إلى تقنيات أخرى مثل المسح الضوئي SPECT والتي يستخدم فيها مواد إشعاعية (تحقن داخل الجسم لتعمل كمتعقب لسريان الدم. في علاج السرطان يستخدم أحيانا العلاج بالإشعاع لقتل الخلايا الخبيثة عن طريق ضربها مباشرة باستخدام أشعة جاما.

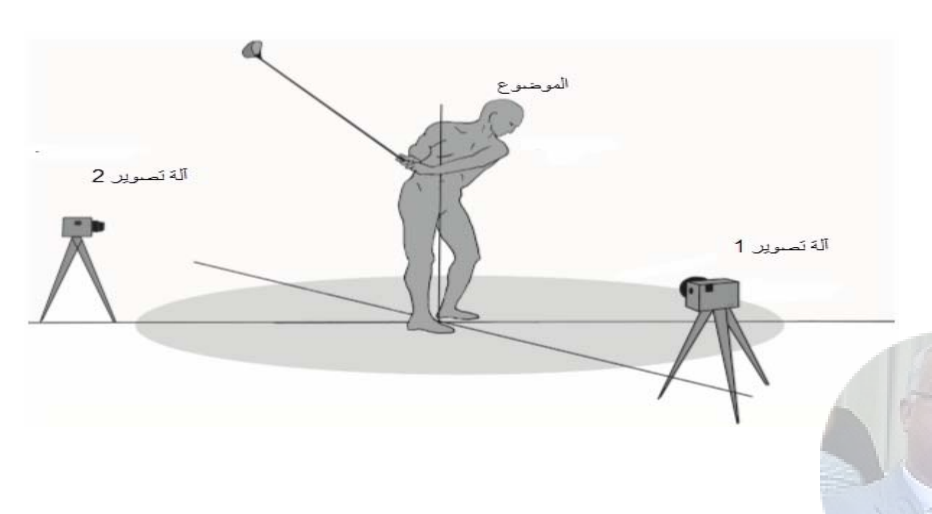
الفيزياء الزراعية

هي تطبيق الفيزياء في الزراعة- علم زراعة المحاصيل والنباتات الأخرى بهدف الاستخدام الآدمي. يقيم علماء الفيزياء الزراعية نظريات رياضية للزراعة ويقومون باختبارها باستخدام مقاييس وتجارب صارمة - بهدف تحسين المحصول إلى أقصى حد. وهناك مجالان أساسيان محل الاهتمام- الأول هو استخدام الاعتبارات الفيزيائية لتحسين توصيل الهواء، والماء ومغذيات النبات من خلال أساليب مثل الري، والزراعة المائية (حيث تزرع النباتات في سائل)، والزراعة الهوائية- حيث تنمو في ضباب غني بالمغذيات. والمجال

الثاني هو إمداد الضوء والحـرارة باسـتخدام صـوبات زراعيـة أو إضـاءة اصـطناعية عـلى سـبيل المثـال. يستخدم العلماء حاليا الفيزياء الزراعية للتوصل إلى وسائل زراعية مستدامة يمكنها الوصول بالإنتاج إلى الحد الأقصى وتقليل التأثير على البيئة إلى أقل قيمة ممكنة.

بيولوجية الأنظمة

حتى وقت قريب كانت الأحياء مقسمة إلى أقسام حيث كان هناك علماء أحياء الخلية، وعلـماء أحيـاء الجزيء وعلماء الكيمياء الحيوية، وأنظمة أخرى كثيرة- لا يلتقي أي منها. بيولوجية الأنظمة هو المنهج الشامل للعلوم الحيوية الذي ينظر إلى كل كائن حي كوحدة واحدة- عن طريـق الاهـتمام لـيس فقـط بفهم العمليات داخل الكائن الحي بل أيضا العلاقات المتداخلـة بـين كـل عمليـة والتـي لاتقـل أهميـة عنها،والمثال الأساسي هو وظيفة الجهاز المناعي.،فليس هناك آلية وحيدة مسئولة عن الاستجابة المناعية للكائنات الحية ضد العدوى- بل أنها استجابة طارئة تأتي من الجينات، والبروتينـات والمـسالك الحيويـة الأخرى التي تعمل معا في انسجام. وتعتمد بشكل كبير على قوة الكمبيـوتر لتـشغيل محاكيـات كيفيـة أداء الأنظمة الحيوية المختلفة وظيفتها داخل الكائن الحي وكيف تتفاعل. أول محاكاة من هـذا النـوع كانت نموذجا رياضيا بحتا للقلـب وضـعه عـالم الأحيـاء البريطـاني دينـيس نوبـل بجامعـة أكـسفورد في الستينيات. ومؤخرا قام هو وزملاؤه بتوسيع هـذا العمـل لإنـشاء قلـب افـتراضي متطـور يعمـل داخـل كمبيوتر فائق الحساسية.



المعجــم

A

aberration	إنحراف
abiogenesis	التخلق اللاحيوي
AC/DC	تيار متردد/تيار مستمر
acid rain	مطر حامضي
acids and bases	أحماض وقواعد
aerogel	الهلام الهوائي
agriculture	الزراعة
agrophysics	الفيزياء الزراعية
allotropes	تآصلات
alloys	سبائك
amino acids	الأحماض الأمينية
amorphous solids	مواد لا بلورية
analytical chemistry	الكيمياء التحليلية
angiography	تصوير الأوعية الدموية
angular size	الحجم الزاوي
animal microbes	ميكروبات الحيوانات
antedating	السبق
antigravity	مضاد للجاذبية
Archimedes' principle	مبدأ أرشميدس
atmospheric composition	مكونات الغلاف الجوي
atmospheric structure	بنية الغلاف الجوي

atomic mass	الكتلة الذرية
atomic nucleus	النواة الذرية
atomic numbers	الأعداد الذرية
atoms	الذرات
auroras	الشفق
auscultation	التسمع
automatic highways	الطرق السريعة المؤتمتة
autophagy	الالتهام الذاتي
auxetics	مواد الأوكسيتك

B

bacteriology	علم البكتيريا
batteries	البطاريات
Bernoulli principle	مبدأ بيرنولي
bicycles	الدراجات
binary compounds	المركبات الثنائية
biochemistry	الكيمياء الحيوية
biodiversity	التنوع الحيوي
bioenergetics	الطاقة الحيوية
bioengineering	الهندسة الحيوية
biofuels	الوقود الحيوي
biological interaction	التفاعل الحيوي
biological taxonomy	التصنيف الحيوي
biological warfare	الحرب البيولوجية/الحيوية
biomass	الكتلة الحيوية
biomaterials	المواد الحيوية
biophysics	الفيزياء الحيوية
blogging	التدوين
blood	دم
Bose-Einstein condensate	تكاثف بوز وأينشتاين

botany	علم النبات
brown dwarfs	الأقزام البنية
Brownian motion	الحركة البراونية
Bunsen burner	موقد بنزن

C

capacitance	السعة الكهربائية
capillary rise	الخاصية الشعرية
carbohydrates	الكربوهيدرات
carbon cycle	دورة الكربون
carbon nanotubes	الأنابيب النانوية الكربونية
Casimir effect	تأثير كازيمير
catastrophe theory	نظرية الكارثة
cell biology	علم أحياء الخلية
cell division	انقسام الخلية
cell nucleus	نواة الخلية
cells	خلايا
cellular differentiation	التمايز الخلوي
Cenozoic era	الحقبة الحديثة (السينوزوية)
centripetal force	القوة الطاردة المركزية
chain reactions	تفاعلات المتسلسلة
chemical analysis	التحليل الكيميائي
chemical change	التغير الكيميائي
chemical elements	عناصر كيميائية
chemical engineering	هندسة كيميائية
chemical equations	معادلات كيميائية
chemical equilibrium	اتزان كيميائي
chemical formulas	صيغ كيميائية
chemical polarity	القطبية الكيميائية
chemical precipitation	الترسيب الكيميائي

تفاعلات كيميائية	chemical reactions
التخليق الكيميائي أو الاصطناع الكيميائي	chemical synthesis
الحرب الكيميائية	chemical warfare
القياسات الكيميائية	chemometrics
تمثيل كيميائي	chemosynthesis
الانجذاب الكيميائي	chemotaxis
العلاج الكيميائي	chemotherapy
الكمير	chimeras
التماكب الضوئي	chirality
ك.هـأ.ن (الكربون، والهيدروچين، والأكسچين والنيتروچين)	CHON
الاستشراب / التفريق اللوني	chromatography
الكروموسومات/الصبغيات	chromosomes
مدار كلارك	Clarke orbit
نظرية الصلصال	clay theory
الاستنساخ	cloning
استنساخ السلالات المنقرضة	cloning extinct species
الغرويات	colloids
التكون والتحلل	combination and decomposition
الكيمياء التوافقية أو التوليفية	combinatorial chemistry
الإحتراق	combustion
مركبات	composites
المركبات	compounds
التوصيل والحمل	conduction and convection
حفظ الموارد الوراثية	conservation genetics
قوانين الحفظ	conservation laws
منع الحمل	contraception
التطور المتقارب	convergent evolution
الرابطة التساهمية	covalent bonds
الإبداع	creativity

crystallography	علم البلورات
crystals	البلورات
D	
data compression 324-5	ضغط البيانات
data storage 333-6	تخزين البيانات
datamining 316	التنقيب عن البيانات
decoherence 43	فك الترابط
developmental biology	علم الأحياء التطورية
dietary supplements	المكملات الغذائية
diffraction	الحيود
diffusion and effusion	الانتشار والتدفق
Dirac equation	معادلة ديراك
distillation	التقطير
DIY genetics	طبق علم الوراثة بنفسك
DNA	الحامض النووي
DNA computers	حاسبات الحامض النووي
DNA profiling	الطبعة الوراثية
domains	مجالات
dynamics and kinematics	الديناميكا والكينتاميكا
Dyson spheres	كرات دايسون
E	
E=mc2	الطاقة تساوي الكتلة في مربع سرعة الضوء
ebulliometry	مقياسية الغليان
econophysics	فيزياء الاقتصاد
electric charge	شحنة كهربية
electric current	تيار كهربي
electrical engineering	الهندسة الكهربائية
electricity and magnetism	الكهربية والمغناطيسية
electrocardiography	تخطيط كهربية القلب

electrochemical analysis	التحليل الكهروكيميائي
electrochemistry	الكيمياء الكهربية
electroencephalography	تخطيط كهربية المخ
electrolytes	الكهرل أو الإلكتروليت
electromagnetic radiation	الإشعاع الكهرومغناطيسي
electron shells	أغلفة الإلكترون
electroweak theory	نظرية القوة الإلكترونية الضعيفة
endoscopy	المناظير/ التنظير الداخلي
energy generation	توليد الطاقة
energy levels	مستويات الطاقة
energy storage	تخزين الطاقة
enzymes	إنزيمات
epidemiology	علم الأوبئة
epigenetics	علمُ التَّخَلُّق
equation of state	معادلة الحالة
equivalence principle	مبدأ التكافؤ
eukaryotes	حقيقيات النوى
evo devo	علم الأحياء النمائي التطوري
evolution	التطور
evolutionary algorithms	الخوارزميات التطورية
evolutionary genetics	علم الوراثة التطوري
exclusion principle	مبدأ الاستبعاد
extreme value theory	نظرية القيمة القصوى
extremely large telescopes	التلسكوبات الكبيرة للغاية

F

families	عائلات
faster-than-light travel	السفر أسرع من الضوء
fermat's last theorem	مبرهنة فيرما الأخيرة
fermi paradox	مفارقة فيرمي

fertility	الخصوبة
Feynman diagrams	مخطط فاينمان
fingerprints	بصمات الأصابع
fission and fusion	الانشطار والاندماج
flatness problem	مشكلة التسطح
flavour chemistry	كيمياء النكهة
fluids	الموائع
Flynn effect	تأثير فلين
food	الغذاء
fossils	الحفريات
four-colour theorem	مبرهنة الألوان الأربعة
fractals	الكُسيريات
frame dragging	تباطؤ الإطار المرجعي
free energy	الطاقة الحرة
friction	الاحتكاك
fungi	الفطريات
future applied science	العلوم التطبيقية في المستقبل
future biology	علم الأحياء في المستقبل
future chemistry	علم الكيمياء في المستقبل
future physics	علم فيزياء المستقبل

G

gametes	الأمشاج
gastrointestinal system	الجهاز الهضمي
Geiger tube	أنبوب جايجر
gene doping	التنشيط الجيني
gene expression	التعبير الجيني
gene flow	التدفق الجيني
gene sequence	التسلسل الجيني
gene therapy	العلاج الجيني

general relativity	النسبية العامة
genes	الچينات
genetic dominance	السيادة الوراثية/الچينية
genetic drift	الإنحراف الوراثي
genetic medicin	الطب الوراثي
genetic modiftcatio	التعديل الوراثي
genetic mutations	الطفرات الوراثية
genetic pollution	التلوث الوراثي
genetically modified	معدل وراثيًا
organisms	الأحياء
genomics	علم الچينوم
genus	الجنس
geo-engineering	الهندسة الجيوتقنية
geological mapping	الخرائط الچيولوچية
geology	علم الچيولوچيا/ علم الأرض
golden ratio	النسبة الذهبية
grand unified theory	النظرية المُوَحَّدَة العظمى
gravimetric analysis	التحليل الوزني
gravitational lensing	التعدس الثقالي
great storms	العواصف الشديدة

H

heat	الحرارة
heat capacity	السعة الحرارية
heat waves	الموجات الحرارية
hedge funds	المحفظة الوقائية/ صناديق التحويط
height	الارتفاع
heredity	الوراثة
Hertzsprung-Russell diagram	شكل هرتزسبرنج- راسل
hormones	الهرمونات

human anatomy	التشريح البشري
human body, the	الجسم البشري
human cloning	الاستنساخ البشري
Human Genome Project	مشروع الچينوم البشري
human physiology	علم وظائف الأعضاء البشرية
hydrogen	الهيدروچين

I

impulse-control disorders	اضطراب مكافحة التدفع
in-vitro meat	اللحوم المصنعة في المختبر
inertia and momentum	القصور الذاتي وكمية التحرك
infinity	ما لا نهاية
information	المعلومات
information addiction	إدمان المعلومات
information entropy	اعتلاج المعلومات (إنتروبية المعلومات)
information theory	نظرية المعلومات
intermolecular forces	القوى البينجزيئية
ions	الأيونات
ion engines	المحركات الآيونية
ionic bonds	الروابط الآيونية
iron-sulphur world	عالم الحديد - الكبريت
isomers	الإيزوميرات
isotopes	النظائر

J

jet streams	التيارات النفاثة

K

Kepler's laws	قوانين كيبلر
kinetic theory	نظرية طاقة الحركة
kingdoms	ممالك

L

lab on a chip	مختبر على رقاقة
Lamarckism	مذهب لامارك /اللاماركية
landmark inventions	الاختراعات البارزة
latent heat	الحرارة الكامنة
light pollution	التلوث الضوئي
light waves	موجات الضوء
lightning	البرق
lipids	الدهون/ اللبيدات
liver	الكبد
look-back time	الزمن الرجعي
lunar eclipses	خسوف القمر
lungs	الرئتين

M

M-theory	نظرية إم
macromolecules	الجزيء الضخم / الجزيء الماكروي
magma	الصهارة
magnetic field reversal	إنعكاس المجال المغناطيسي
magnetic resonance imaging	التصوير بالرنين المغناطيسي
magnetism	المغناطيسية
magnetohydrodynamics	هيدروديناميكا مغناطيسية
magnetosphere	الغلاف المغناطيسي
magnification	التكبير
magnitude	المقدار
magsails	الأشرعة المغناطيسية
main sequence	التسلسل الأساسي
marginalism	النظرية الحدية
materials chemistry	كيمياء المواد
mathematical biology	علم الأحياء الرياضي

matter	المادة
Maxwell's equations	معادلات ماكسويل
metabolism	التمثيل الغذائي
metallic bonds	الروابط الفلزية
metamaterials	المواد الخارقة
metathesis	تفاعلات الإحلال
micro-plants and fungi	النباتات الميكروية والفطريات
microbiology	علم الأحياء الدقيقة
microorganism	الأحياء الدقيقة
micropower generation	توليد الطاقة الميكروية
mitochondria	الميتوكوندريا
mixtures	المخاليط
molecular biology	الأحياء الجزيئية
molecular engineering	الهندسة الجزيئية
molecular gastronomy	فن الأكل الجزيئي
molecular geometry	الشكل الهندسي للجزيئات
molecular imaging	التصوير الجزيئي
molecular mass	الكتلة الجزيئية
molecules	الجزيئات
musculoskeletal system	الجهاز الحركي

N

natural reactor	المفاعل الطبيعي
natural selection	الانتخاب الطبيعي
nature vs nurture	الطبيعة أم التنشئة
Navier-Stokes equations	معادلات نيفيه ستوك
neutrinos	النيوترينو
neutron stars	النجوم النيوترونية
Newtonian fluids	الموائع النيوتونية
Newtonian gravity	الجاذبية النيوتونية

Newton's laws of motion	قوانين الحركة لنيوتن
nuclear binding energy	طاقة الترابط النووي
nuclear electricity	الكهرباء النووية
nuclear physics	الفيزياء النووية
nuclear reactions	التفاعلات النووية
nuclear shell model	نموذج الغلاف النووي
nuclear weapons	الأسلحة النووية
nucleotides	النوكليوتيدات (نحت كلمتي "نووي" و"معقـد"، لأنه معقد أو مركب يدخل في بناء الأحماض النووية)
nutrients	المغذيات

O

optical storage	تخزين ضوئي
optics	البصريات
orders	أوامر
organic compounds	المركبات العضوية
osmosis	التناضح أو الخاصية الأسموزية
ozone layer	طبقة الأوزون

P

parasitism	التطفل
particle accelerator 1	مسرع الجسيمات
particle families	عائلات الجسيمات
particle physics	فيزياء الجسيمات
particles	الجسيمات
pH indicators	مؤشر الأس الهيدروجيني
phase transitions	انتقالات طورية
photochemistry	الكيمياء الضوئية
photons	الفوتونات
photosynthesis	البناء الضوئي
phyla	الشُعَب

physical chemistry	الكيمياء الفيزيائية
phytochemistry	كيمياء النبات
phytopharmacology	صيدلة النبات
plant behaviour	سلوك النبات
plant intelligence	ذكاء النبات
plant nutrients	تغذية النبات
plant pigments	الصبغات النباتية
plants	النباتات
plasma physics	فيزياء البلازما
plasmids	البلازميدات
ploidy	صيغة صبغية
population dynamics	ديناميكا (حركة) التجمعات
prime numbers	الأعداد الأولية
principle of least action	مبدأ الفعل الأصغر
prions	البريونات
prokaryote microbes	البكتيريا القديمة أو العتائق
prokaryotes	بِدَائِيَّات النَّوَى
protists	الطلائعيات
pulse	النبض
punched tape	الشريط المثقب
punctuated equilibrium	التوازن المتقطع (التوازن المنقط)
pyrophoric solids	مواد ذاتيّة الاشتعال

Q

qualia	الكيفيات المحسوسة/ كواليا
quantization	التكميم
quantum chemistry	الكيمياء الكمية
quantum communication	الاتصال الكمي
quantum computing	الحوسبة الكمية
quantum entanglement	التشابك الكمّي

quantum field theory	نظرية المجال الكمي
quantum games	ألعاب الكم
quantum gravity	جاذبية الكم
quantum mind	عقل الكم
quantum numbers	أعداد الكم
quantum phenomena	ظاهرة كمية
quantum spin	الغزل الكمي
quantum suicide	الانتحار الكمي
quantum theory	نظرية الكم

R

radiobiology	البيولوجيا الإشعاعية
radiotherapy	العلاج الإشعاعي
reaction energy	طاقة التفاعل
receptors	المستقبلات
recombinant DNA	الحمض النووي معاد التركيب / الحمض النووي المؤتلف
redox	الأكسدة
reductionism	الاختزالية
reflection	إنعكاس
refraction	انكسار
relativity	النسبية
renormalization	إعادة التطبيع
reporter genes	الجين المراسل
reproductive biology	علم الأحياء التناسلية
reproductive system	الجهاز التناسلي
reprogenetics	الوراثة التناسلية
resistance	المقاومة
resonance	الرنين
respiration	التنفس
ribosomes	الريبوسومات

Riemann hypothesis	فرضية ريمان
RNA	الحمض النووي الريبوزي
RNA world	عالم الحمض النووي الريبوزي
RNAi	تداخل الحمض النووي الريبوزي
robot soldiers	الجنود الآلية(جنود الروبوتات)
rotational dynamics	الديناميكا الدورانية
RSS	خدمة الخلاصة

S

scale prefixes	البادئات القياسية
scanning electron microscopes	الميكروسكوب الإلكتروني الماسح
seeds	البذور
seeing	الرؤية
selfish gene	الجين الأناني
semantic web	الشبكة الدلالية
semiconductors	أشباه الموصلات
serendipitous discoveries	الاكتشافات السارة
shape-memory alloys	سبائك ذاكرة الشكل
simple harmonic motion	الحركة التوافقية البسيطة
singularity, the	التفرد
skin	الجلد
software	البرمجيات
soil	التربة
solar activity	النشاط الشمسي
solar eclipses	خسوف الشمس
solar panels	الألواح الشمسية
solar sails	الأشرعة الشمسية
solar system	النظام الشمسي
solids, liquids and gases	المواد الصلبة والسائلة والغازية
solutions	محاليل

sonar	الموجات الصوتية
sonochemistry	الكيمياء الصوتية
sound waves	موجات الصوت
space elevator	المصعد الفضائي
special relativity	النسبية الخاصة
speciation	الانتواع
species	سلالات
spectrometry	قياس الطيف
speed and acceleration	السرعة و العجلة
spinal reconnection	إعادة وصل العمود الفقري
stalagmites and stalactites	الصواعد الكلسية والنوازل الكلسية
standard model	النموذج القياسي
standing waves	الموجات الموقوفة
stoichiometry	حساب نسب المتفاعلات
strong force	القوة الشديدة
structural formulas	الصيغ الهيكلية
substances	المواد الصلبة والسائلة والغازية
superbugs	البكتريا الخارقة
superconducting coil	ملف فائق التوصيل
superconductivity	التوصيلية الفائقة
superfluidity	السيولة الفائقة
supply and demand	العرض والطلب
surface tension	التوتر السطحي
surfactants	منشطات السطح/ فاعلات بالسطح
synthetic hydrocarbon fuel	الوقود الهيدروكربوني الاصطناعي

T

telegraphy	التليغرافية
temperature and breathing	درجة الحرارة والتنفس
temperature and pressure	درجة الحرارة والضغط

terminator genes	چينات الإنهاء
thermal expansion	التمدد الحراري
thermal radiation	الإشعاع الحراري
thermochemistry	الكيمياء الحرارية
thermodynamic equilibrium	الاتزان الحراري
thermodynamics, laws of	قوانين الديناميكا الحرارية
tissues	الأنسجة
Titius-Bode law	قانون تايتيس- بود
titration	المعايرة
transformers	المحولات
transgenics	علم التعديل الوراثي
transits	العبور
transpiration	النتح
transuranium elements	عناصر ما فوق اليورانيوم
tuning fork diagram	شكل الشوكة الرنانة

U

ultrasound 29	الموجات فوق الصوتية
uncertainty principle	مبدأ عدم التأكد
uniftcation theories	نظريات التوحيد
urinary system	الجهاز البولي

V

virology 248	علم الفيروسات
virtual particles	الجسيمات الافتراضية
virtual worlds	العوالم الافتراضية
viscosity	اللزوجة
VOIP	الصوت عبر برتوكول الإنترنت
volatile memory	الذاكرة المتطايرة
Von Neumann machines	آلات فون نيومان

W	
wave theory	نظرية الموجات
wave-particle duality	إزدواجية الموجة- الجسيم
waves	الموجات
weak force	القوة الضعيفة
web trends 340-43	اتجاهات الويب
will o’ the wisp	السراب
work and energy	الشغل و الطاقة
X	
X-rays	الأشعة السينية (أشعة إكس)
Z	
zero-point energy	طاقة النقطة صفر
zoology	علم الحيوان
zoology, branches of	فروع علم الحيوان
zygosity	زيجية





SCIENCE 1001

العلوم الفيزيائية . السرعة والتسارع . الجمود والزخم . قوانين نيوتن للحركة . قوانين الحفظ . العمل والطاقة . الاحتكاك . الديناميكيات والحركية . مبدأ العمل الأقل . ديناميكا الحركة الدورانية . قوة الجاذبية . الجاذبية النيوتونية . مبدأ التكافؤ . قوانين كيبلر . درجة الحرارة والضغط . النظرية الحركية . التمدد الحراري . التوصيل والحمل الحراري . الحركة البراونية . التوازن الحراري . الكون . قوانين الديناميكا الحرارية . الميكانيكا الإحصائية . الإشعاع الحراري . السعة الحرارية . المواد الصلبة، السوائل والغازات . الكثافة . قانون هوك . الحرارة الكامنة . المرحلة الانتقالية . معادلة الحالة . النقطة الثلاثية . فيزياء البلازما . التوتر السطحي . مبدأ أرخميدس . اللزوجة . نيوتونيان السوائل . ديناميات السوائل . المعادلات . مبدأ برنولي . الاضطراب . تأثير ماغنوس . موجات الصدمة . نظرية الموجه . الموجات الصوتية . الموجات الدائمة . الصدى . حركة متناغمة بسيطة . تأثير دوبلر . الشحنة الكهربائية . التيار الكهربائي . المقاومه . السعة . المغناطيسية . الاستقراء . المحولات . معادلات ماكسويل . الاشعاع الكهرومغناطيسي . الفوتونات . موجات الضوء . الأنعكاس . الانكسار . الانحراف . الاستقطاب . التشوش . النسبية الخاصة . طول الانكماش والوقت و التمدد . E=MC2 . النسبية العامة . إنكسار ضوء النجوم . الثقوب السوداء . اختلافات الجاذبية . الثقوب الدودية . موجات الجاذبية . سحب الإطار . الجزيئات . التوضيح . مستويات الطاقة . معادلة سكرودينجر . مبدأ عدم اليقين . الدوران الكمومي . الاعداد الكمية . نظرية شرودنجر . تفسير كوبنهاغن . العوالم العديدة . فك الترابط . الجسيمات الظاهرية . طاقة نقطة الصفر . تأثير كازيمير . التشابك الكمومي . الموصلية الفائقة . ضعف القوة . جسيمات الكوارك . القوة الشديدة . أسر الجسيمات . النيوترونات . نموذج قياسي . هيغز، بوسون . معجل الجسيمات . الجاذبية الكمومية . إشعاع هوكينغ . علم وظائف الأعضاء البشرية . القلب . الدم . الرئتين . الجهاز العضلي الهيكلي . التخدير . البتر . السرطان . الجراحة الروبوتية . نقل الدم . الجراحة التجميلية . جراحة العين . جراحة الدماغ . زراعة الاعضاء . زرع الأطراف . العلاج بالخلايا الجذعية . زرع الوجه . الطب القائم على الأدلة . التجارب السريرية . الطب بالليزر . المعالجة بالإشعاع . علم الجينوم الشخصية . علم الصيدلة . المكملات الغذائية . تأثير الدواء الوهمي .الأعداد الأولية . النسبة الذهبية . ما لا نهاية . نظرية فيرمات الأخيرة . مبرهنة الألوان الأربعة . فرضية ريمان . جوديل نظرية عدم الأكتمال . نظرية الفوضى . نظرية الكارثة . نظرية القيمة القصوى . نظرية العالم الصغير .





8 شارع أحمد فخرى مدينة نصر – القاهرة . تليفاكس : 23490242- 23490419 (202)
elarabgroup@yahoo.com info@arabgroup.net.eg
www.arabgroup.net.eg

